



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE ELECTRICA

“Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador”

***Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico***

AUTOR:

Johnatan Gerardo Vélez Sánchez.

CI: 0301833687

DIRECTOR:

Ing. Juan Leonardo Espinoza

CI: 0102559325

CUENCA – ECUADOR

MARZO DE 2017

RESUMEN

EL presente trabajo tiene como objetivo determinar el impacto de la introducción de los vehículos eléctricos (VEs) en una red de distribución de la ciudad de Cuenca y el alcance que esto tendría a nivel de la ciudad y el país.

Para la determinación del impacto de los VEs se inició conociendo las ventajas económicas y socio-ambientales que esta nueva tecnología tendría ofrecería a sus potenciales usuarios al compararla con un vehículo tradicional. En este análisis se encontró que las prestaciones de un VE dependerán del tipo de batería utilizada en el mismo, ya que de esta depende la autonomía y cantidad de energía tanto para el consumo como la entrega a la red.

Conociendo estos factores se estimó, el horario más adecuado en que esta tecnología puede ser conectada a la red, ya que el propósito debería apuntar a aplanar la curva de demanda, siendo en este caso el VE una carga conectada al sistema.

Adicionalmente, al analizar un alimentador específico, se determinó el número de VEs que pueden ser introducidos en dicha red, como carga y como fuente, ya que el VE puede presentarse en las redes de distribución en estos dos casos.

Concluyéndose que el vehículo eléctrico es una forma sustentable y además rentable para satisfacer la necesidad de movilidad de la población. Esta tecnología genera beneficios tanto para la economía de un país como para el usuario que adquiera un VE, reduciendo costos personales y costos nacionales, siendo además amigable con el ambiente.

PALABRAS CLAVES: Vehículos eléctricos, batería, autonomía, la red, energía, curva de demanda, carga conectada al sistema, alimentador, electrolinera.

ABSTRACT

The present work aims to determine the impact of the introduction of electric vehicles (VEs) in a distribution network of the city of Cuenca and the scope that this would have at city and country level.

For the determination of the impact of the VEs was started knowing the economic and socio-environmental advantages that this new technology would offer its potential users when compared to a traditional vehicle. In this analysis it was found that the performance of a VE depends on the type of battery used in it, since it depends on the autonomy and amount of energy for both consumption and delivery to the network.

Knowing these factors, it was estimated the most appropriate time when this technology can be connected to the network, since the purpose should aim to flatten the demand curve, in this case the VE being a load connected to the system.

In addition, when analyzing a specific feeder, the number of VEs that can be introduced into said network, as a load and as a source, was determined, since the EV can be present in the distribution networks in these two cases.

Concluding that the electric vehicle is a sustainable and profitable way to meet the need for mobility of the population. This technology generates benefits both for the economy of a country and for the user who purchases a VE, reducing personal costs and national costs, being also friendly with the environment.

KEYWORDS: Electric vehicles, battery, autonomy, network, energy, demand curve, load connected to the system, power supply, electroline.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I. INTRODUCCION	20
1.1 ANÁLISIS DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ECUADOR	20
1.2 IMPACTO SOCIO-ECONOMICO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ	22
1.2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	25
1.2.2 EMISION DE CO ₂ VEHICULAR	26
1.3 PROBLEMATICA ECONOMICA	27
1.3.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE	27
1.3.2 COSTO DE PRODUCCION DE COMBUSTIBLES PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ	29
1.4 IDENTIFICACION DE LA NECESIDAD	30
1.4.1 MOVILIDAD SOSTENIBLE	30
1.4.2 MOVILIDAD ELECTRICA	31
1.4.3 EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO GEI Y CALIDAD DEL AIRE	32
1.4.4 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	32
CAPITULO II. VEHICULOS ELECTRICOS	34
2.1 ANTECEDENTES	34
2.2 EL VEHICULO ELECTRICO	35
2.2.1 CARACTERISTICAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	36
2.2.2 PARTES DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO	40
2.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL VEHICULO ELECTRICO	42
2.3 TIPOS DE VEHICULOS ELÉCTRICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO	43

2.3.1 MERCADO INTERNACIONAL.....	43
2.3.2 TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO ECUATORIANO.....	46
2.4 EL VEHÍCULO ELÉCTRICO COMO CARGA.....	47
2.5 EL VEHÍCULO ELÉCTRICO COMO ALMACENAMIENTO.....	50
2.5.1 SISTEMAS V2G.....	51

CAPITULO III. INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS PARA LA CARGA/DESCARGA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....52

3.1 INFRAESTRUCTURA PARA LA CARGA DE BATERIA DE LOS VEs.....	52
3.1.1 RECARGA EN CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA.....	54
3.1.2 PUNTOS DE RECARGA.....	55
3.1.3 PUNTOS DE RECARGA PRIVADA.....	56
3.1.4 PUNTOS DE RECARGA PÚBLICA.....	57
3.1.4.1 APARCAMIENTOS SUBTERRÁNEOS.....	58
3.1.4.2 APARCAMIENTOS EN CENTROS COMERCIALES Y DE ENTRETENIMIENTO.....	59
3.1.4.3 PUNTOS DE RECARGA EN ESTACIONES DE SERVICIO (Electrolineras)....	60
3.2 SISTEMAS DE CARGA DE LOS VEs.....	61
3.2.1 SISTEMAS DE CARGA LENTA.....	61
3.2.2 SISTEMAS DE CARGA MEDIA O DE OPORTUNIDAD.....	62
3.2.3 SISTEMAS DE CARGA RAPIDA.....	63
3.2.4 TECNOLOGIAS DE CARGA PARA LOS VEs.....	64

3.2.4.1 CARGA INDUCTIVA.....	64
3.2.4.2 CARGA CONDUCTIVA.....	65
3.3 BATERÍAS USADAS EN LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	65
3.3.1 TIPOS DE BATERÍAS USADAS EN LOS VEs.....	66
3.2 CURVAS Y TIEMPO DE CARGA DE LAS BATERÍAS.....	68
3.3 ESTIMACION DE LA ENERGÍA A SER ALMACENADA POR EL PARQUE AUTOMOTOR DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	72
3.3.1 ESCENARIOS DE ESTUDIO.....	75
3.3.1.1 ESCENARIO 1.....	75
3.3.1.2 ESCENARIO 2.....	81
3.4 SISTEMAS PARA LA DESCARGA DEL VE (Alimentación a la Red).....	83
3.4.1 SOPORTE DE RED.....	85
3.4.2 PROVEEDORES DE SERVICIOS DE AGREGADOR.....	87
CAPITULO IV. CÁLCULOS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LOS VES EN EL SISTEMA.....	90
4.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	90
4.2 DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL.....	91
4.3 CÁLCULOS DE LA DEMANDA PROYECTADA (Metodología).....	93
4.3.1 GENERACIÓN DE LOS PERFILES INCREMENTALES.....	94
4.3.2 ESCENARIOS DE ESTUDIO.....	96
4.3.3 RESULTADOS.....	99

4.4 IMPACTOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN SELECCIONADA.....	107
4.4.1 IMPACTO EN LA RECONFIGURACIÓN DE LAS REDES EN FUNCIÓN DEL ESCENARIO DE INSERCIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	108
4.4.1.1 DISEÑO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....	109
4.4.1.2 DISTORSIÓN ARMONICA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	110
4.4.1.2.1 ARMONICOS CAUSADOS POR RECTIFICADORES.....	112
4.4.1.3 CUANTIFICACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMONICA.....	113
4.4.2 VALORACIÓN DEL IMPACTO PARA EL USUARIO DEL VE.....	114
 CAPITULO V. IMPACTO ECONOMICO Y SOCIO-AMBIENTAL DE LA INTRODUCCION DEL VEHICULO ELECTRICO.....	 116
5.1 ANÁLISIS MICRO ECONÓMICO.....	116
5.1.1 EVALUACIÓN DEL VE A MEDIANO PLAZO.....	124
5.1.2 CÁLCULO DEL VAN.....	124
5.1.3 CÁLCULO DEL TIR.....	126
5.2 ANÁLISIS MACRO ECONÓMICO.....	127
5.2.1 IMPACTO ECONÓMICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	127
5.3 IMPACTOS SOCIO-AMBIENTALES DE LA NUEVA TECNOLOGÍA.....	133
5.3.1 LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2 AL AMBIENTE.....	133
5.3.2 MANEJO Y RECOLECCIÓN DE BATERÍAS.....	134



CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	137
6.1 CONCLUSIONES.....	137
6.2 RECOMENDACIONES.....	139
BIBLIOGRAFIA.....	141

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ventas de vehículos livianos mensual proyección 2025.....	21
Figura 1.2 Ventas de vehículos livianos por tipo proyección 2025.....	22
Figura 1.3 Actividades del Sector Automotriz.....	23
Figura 1.4 Personal Ocupado laboral.....	24
Figura 1.5 Consumo Energético del parque automotor 2015.....	28
Figura 2.1 La Jamáis Contente, primer vehículo eléctrico en superar la barrera de los 100 km/h el 29 de Abril de 1899.....	34
Figura 2.2 Vehículo Eléctrico.....	36
Figura 2.3 Comparación de la eficiencia energética del pozo a las ruedas entre un vehículo eléctrico y uno de gasolina.....	37
Figura 2.4 <i>Curva Par-Potencia Ideal para Tracción de Vehículos</i>	38
Figura 2.5 <i>Curva Par-Potencia Característica del Motor Eléctrico</i>	38
Figura 2.6 Partes de un Vehículo Eléctrico.....	40
Figura 2.7 Esquema de un Vehículo eléctrico.....	43
Figura 2.8 Evolución esperada de venta de vehículos eléctricos 2010 – 2020 a nivel global.....	44
Figura 2.9 Ventas de vehículos Eléctricos en Europa.....	45
Figura 2.10 Vehículos Eléctricos vendidos en el mundo, por año y por marca.....	45
Figura 3.1 Tipos de alimentadores eléctricos para los puntos de recarga.....	53
Figura 3.2 Infraestructura para la recarga de un Vehículo Eléctrico.....	54
Figura 3.3 Modo de Carga en AC y DC.....	55

Figura 3.4 Tipos de Infraestructuras Públicas y Privada.....	56
Figura 3.5 Punto de Recarga Privada.....	57
Figura 3.6 Punto de recarga en la Vía Pública.....	58
Figura 3.7 Punto de Recarga en Estacionamientos Subterráneo.....	59
Figura 3.8 Punto de recarga en Centros comerciales.....	59
Figura 3.9 Punto de Recarga en Servicio de Estación (Electrolineras).....	60
Figura 3.10 Sistema de Carga Lenta.....	62
Figura 3.11 Sistema de Carga Media o de Oportunidad.....	63
Figura 3.12 Sistema de Carga Rápida.....	64
Figura 3.13 Perfiles de carga de los VE en prueba.....	70
Figura 3.14 Curva de Carga en PU del VE Kia Soul.....	71
Figura 3.15 Curva de Carga en PU del VE Nissan Leaf.....	71
Figura 3.16 Curva de Carga en PU del VE Renault Kangool.....	71
Figura 3.17 Proyección de ventas del VE.....	72
Figura 3.18 Sistema de Comunicación para la descarga de Energía Eléctrica entre el VE y la Red Eléctrica.....	84
Figura 4.1 Extensión del Alimentador 0821 de la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A...90	
Figura 4.2 Curva de Demanda Diaria Nacional.....	91
Figura 4.3 Curva de Carga del sector Residencial.....	92
Figura 4.4 Curva de carga del sector Comercial.....	92
Figura 4.5 Curva de Carga del sector Industrial.....	93
Figura 4.6 Curva de Demanda Diaria de la ciudad de Cuenca.....	94

Figura 4.7 Demanda de Energía del Alimentador 821 en los días de lunes a viernes..	97
Figura 4.8 Lugares de preferencia para la Recarga de los Vehículos Eléctricos.....	99
Figura 4.9 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Plomo – Ácido.....	100
Figura 4.10 Curva de Demanda con 50% de Introducción de VEs con baterías de Plomo – Ácido.....	101
Figura 4.11 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Litio – ión.....	102
Figura 4.12 Curva de Demanda con 30% de Introducción de VEs con baterías de Litio – ión.....	103
Figura 4.13 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Plomo – Ácido.....	104
Figura 4.14 Curva de Demanda con 50% de Introducción de VEs con baterías de Plomo – Ácido.....	104
Figura 4.15 Curva de Demanda con 100% de Introducción de VEs con baterías de Plomo – Ácido.....	105
Figura 4.16 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Litio – ión.....	106
Figura 4.17 Curva de Demanda con 30% de Introducción de VEs con baterías de Litio – ión.....	106
Figura 4.18 Distribución espectral armónica de la corriente absorbida por rectificadores monofásicos y trifásicos.....	112
Figura 4.19 Representación de la red de distribución y la proliferación armónica resultante de las cargas no lineales.....	114



Figura 5.1 Curva de la Demanda Nacional por Horas.....	127
Figura 5.2 Demanda semanal en el Ecuador.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Número de habitantes por Auto en la Región.....	24
Tabla 1.2 Para el cálculo de Emisiones de CO ₂ por Km recorrido según la Comisión Europea.....	26
Tabla 1.3 Emisiones producidos por el Parque Automotor Ecuatoriano por tipos de Vehículos en Toneladas de CO ₂	27
Tabla 1.4 Nivel de Ruido según tipo de Vehículo.....	33
Tabla 2.1 <i>Tipos de Motores Usados para los VEs (Rodríguez, Jaime. Motores de tracción para vehículos.....</i>	39
Tabla 2.2 <i>Tipos de Vehículos Eléctricos disponibles en el Mercado Ecuatoriano.....</i>	46
Tabla 2.3 Consumo de un Vehículo Eléctrico por cada 100Km en cada parte del Sistema Eléctrico.....	47
Tabla 2.4 Costos y Rendimiento entre Vehículos Eléctricos, Híbridos, Combustión Interna.....	48
Tabla 2.5 Capacidad de las Distribuidoras Eléctricas a nivel Nacional para el plan Maestro de Electrificación al año 2022.....	49
Tabla 3.1 Características y Esquemas de las Tecnologías de Carga.....	65
Tabla 3.2 Resumen Características de las baterías para un VE.....	68
Tabla 3.3 Características de los VEs evaluados.....	69
Tabla 3.4 Potencia de cargador y batería del VE.....	70
Tabla 4.1 Factores de Dimensionamiento de Acometidas.....	109
Tabla 4.2 Potencia nominal de Transformadores de Distribución.....	110
Tabla 4.3 Factura de Costo Mensual por consumo de Combustible en un MCI.....	114
Tabla 4.4 Factura de Costo Mensual por Consumo de Energía en un VE.....	115

Tabla 5.1	Costos del consumo energético de un Vehículo Eléctrico en 5 años.....	118
Tabla 5.2	Costos estimados de repuestos de un VE.....	119
Tabla 5.3	Costo de las Unidades (CU).....	120
Tabla 5.4	Costos de Mantenimiento (CM) de un VCI.....	121
Tabla 5.5	Costos de Mantenimiento (CM) de un VE.....	122
Tabla 5.6	Costos por toneladas métricas de CO ₂	122
Tabla 5.7	Costo Total.....	123
Tabla 5.8	Ahorro por concepto del Vehículo de combustión y el vehículo eléctrico.....	125
Tabla 5.9	Cálculo del VAN.....	126
Tabla 5.10	Cálculo del TIR.....	127
Tabla 5.11	Cantidad total de Generación con sus tipos.....	128
Tabla 5.12	Centrales térmicas que operan en hora pico y su Costo por KWh.....	129
Tabla 5.13	Cantidad de Emisiones por gramos de CO ₂ /KWh y su Costo.....	130
Tabla 5.14	Costos de Generación (USD/MWh) en hora pico.....	131
Tabla 5.15	Cantidad de Combustible que utilizan en horas pico las Centrales Térmicas para su Generación en (MWh).....	132
Tabla 5.16	Costo de Ahorro por Combustible en cada Central Térmica utilizado en hora pico.....	133
Tabla 5.17	Estimación de la Reducción de toneladas de CO ₂ al Ambiente en cada Escenario.....	134
Tabla 5.18	Empresas que se dedican al Reciclado y Tratamiento de Baterías después de su vida útil.....	136

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Número de ciclos carga/descarga con Baterías Plomo- Ácido y Litio-ión.....	77
Cuadro 3.2 Horarios posibles donde no existe mayor Demanda y puede realizarse la recarga entre 5h y 8h de duración.....	78
Cuadro 3.3 Factores que intervienen en la recarga y su costo total.....	79
Cuadro 3.4 Factores que intervienen en la entrega y su costo total.....	79
Cuadro 3.5 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red.....	80
Cuadro 3.6 Estimación total de Energía a ser almacenada por el Parque Automotor de VEs anualmente con Baterías de Litio – ión.....	80
Cuadro 3.7 Factores que intervienen en la recarga y su costo total.....	81
Cuadro 3.8 Factores que intervienen en la entrega y su costo total.....	81
Cuadro 3.9 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red.....	81
Cuadro 3.10 Número de ciclos carga/descarga con Baterías Litio- ión.....	82
Cuadro 3.11 Factores que intervienen en la recarga y su costo total.....	83
Cuadro 3.12 Factores que intervienen en la entrega y su costo total.....	83
Cuadro 3.13 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red.....	83



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Johnatan Gerardo Vélez Sánchez autor del Trabajo de Titulación “Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Eléctrico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, Marzo de 2017

Johnatan Gerardo Vélez Sánchez

CI: 0301833687



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Johnatan Gerardo Vélez Sánchez autor del Trabajo de Titulación “Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, Marzo de 2017

Johnatan Gerardo Vélez Sánchez

CI: 0301833687

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, que ha llenado mi vida de bendiciones, me ha regalado la vida, y lo más importante me ha regalado el mejor regalo que un ser humano pudiese tener el regalo de mi bella familia mis padres, hermanos y mis hijos los cuales siempre me han acompañado en todas las batallas de mi vida de manera sincera y leal a ellos mi gratitud sincera, incansable e infinita.

Agradecer a todos mis maestros que día a día con sus lecciones, experiencias y consejos me han ayudado e instruido a lo largo de toda mi carrera estudiantil, en especial al Ing. Juan Leonardo Espinoza que, como director de esta tesis, me ha orientado, apoyado y corregido en todo el desarrollo con interés y entrega infinita.

DEDICATORIA

Al gran amor de mi vida mi madre Aidita y mi a mi mejor amigo y hombre ejemplar mi padre papi Natacho, a quienes les debo todo lo que soy y todo cuanto pueda ser. Las personas que siempre han creído en mí a pesar de tantas adversidades siempre me apoyaron. Quienes han sido y serán siempre mi bastón para apoyarme y seguir por la vida, el hombro donde siempre descansare para contarles mis tristezas y alegrías.

A mis hermanos, Vicky, Fernanda y Sebastián mis más leales amigos, compañeros y confidentes durante todo el recorrer de los años y de quienes siempre he recibido cariño y apoyo a pesar de todos mis errores y virtudes.

A mis hijos quienes han sido mi motor mi impulso para seguir creciendo y seguir esforzándome para ser mejor día a día.

A ustedes mi hermosa familia, mi fuerza, mi fortaleza, mi compañía eterna ustedes la razón de vivir y la razón de mis alegrías para ustedes este título y todos mis triunfos que voy alcanzar en mi vida, siempre en cada instante los pienso y Amo.

CAPITULO I

1 INTRODUCCION

El automóvil es el medio de transporte más utilizado por las personas en todo el mundo. Se estima que actualmente circulan alrededor de 1200 millones de vehículos en todo el mundo según (OICA) Organización Internacional de Constructores de Automóviles, 129.8 millones solo en Sudamérica, de los cuales 2.2 millones están en Ecuador (AEA, 2016).

Esta alta tasa de utilización provoca diferentes impactos en varios campos ya sea ambiental, económico y de movilidad. En la actualidad, el sistema de transporte en el Ecuador es totalmente dependiente de combustibles fósiles (gasolina y diésel); los motores de combustión interna ocasionan altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del cambio climático, lo cual además genera problemas respiratorios en la población y causan daños al medio ambiente por emisiones de CO₂. En el ámbito económico, están los gastos y efectos en la economía para la producción de derivados para su utilización en medios de transporte. En cuanto a la movilidad la dependencia del automóvil es fuerte y muy cotidiana pues es parte de un estilo de vida de los seres humanos de esta época, además que el automóvil es considerado ya no como un lujo por parte de los seres humanos sino como una necesidad para sus actividades diarias.

1.1 ANÁLISIS DEL PARQUE AUTOMOTOR EN EL ECUADOR

El parque automotor del Ecuador está estimado en un total de 2,2 millones de unidades al año 2015, teniendo un crecimiento del 3,8% con respecto al año anterior. De este total, un 89% corresponde a autos livianos (1'958.000) y un 11% a vehículos pesados

(242.000). Cerca del 60% del parque automotor se distribuye en las principales ciudades: Quito (28%), Guayaquil (23%), Cuenca (7%) y el 50% en el resto del país (AEA,2016).

Según la Asociación Ecuatoriana Automotriz (AEA, 2016), de los 2 millones 200 mil unidades, 218 mil tendrían más de 35 años, 60 mil entre 25 y 30 años y 160 mil entre 20 y 25 años de edad.

El incremento del parque automotor en el Ecuador está relacionado con la venta anual de autos y su índice de crecimiento anual, como se muestra en la figura 1.1 donde se realizó una proyección de ventas mensuales de vehículos livianos al 2025 por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDAE,2014).

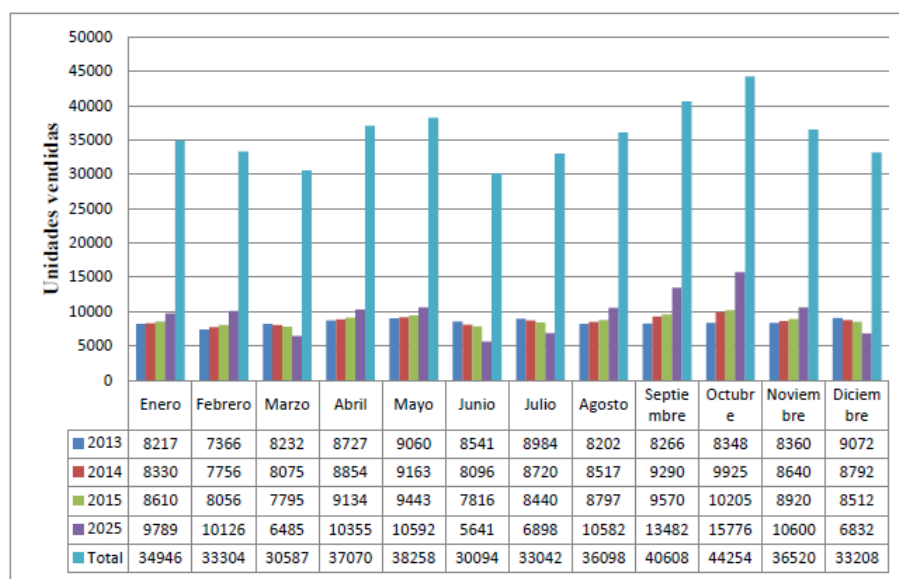


Figura 1.1 Ventas de vehículos livianos mensual proyección 2025.
Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDAE, 2014).

La mayor demanda de vehículos se concentra en los automóviles, que en promedio mantienen una participación del 43% de las ventas; esta cifra es obtenida del promedio total desde el año 2010 a la proyección realizada al 2025. Mientras que las camionetas presentan una participación del 25% seguida de los SUVs con una participación del 21% en ventas. Por otro lado la menor demanda de las ventas se registra en los vehículos

tipo VAN, Camiones, y Buses con una participación de las ventas relativamente bajas del orden del 3%, 8% y 0,5%, respectivamente, como se indica en la figura 1.2.

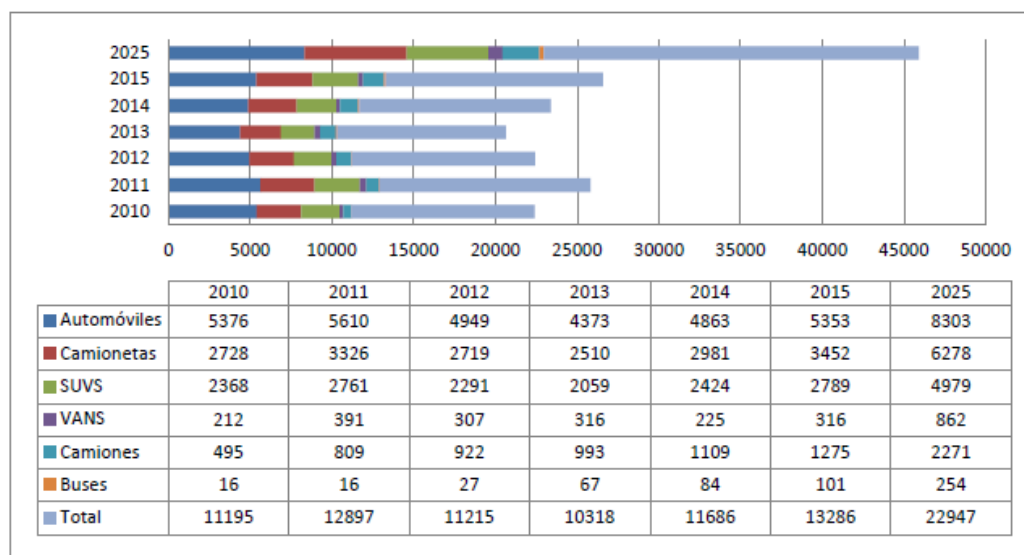


Figura 1.2 Ventas de vehículos livianos por tipo proyección 2025.
Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDAE, 2014).

1.2 IMPACTO SOCIO-ECONOMICO DEL SECTOR AUTOMOTRIZ.

El sector automotriz ecuatoriano se había caracterizado hace algunos años por un crecimiento en ventas y unidades casi constantes cada año. Sin embargo las nuevas leyes y medidas restrictivas han favorecido a un nuevo escenario donde no es posible seguir creciendo dadas las limitaciones del sector. Su participación importante en la economía del país debido a los ingresos que genera en todas las actividades económicas directas e indirectas que participa. Sólo en el caso de impuestos se estima que son de alrededor de USD 600 millones anuales, además de su impacto en la generación de empleo en las diferentes partes de su cadena, desde el ensamble hasta la distribución y venta. Las actividades relacionadas al sector automotriz están contenidas dentro de tres grandes actividades, las que en orden de importancia por el número de establecimientos

VELEZ SANCHEZ. J

son: Comercio, Manufactura y Servicios. Según el censo realizado por el INEC para el año 2014 existían 29.068 establecimientos que se dedican a actividades relacionadas con el comercio automotriz, 70% corresponden a establecimientos que realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores, mientras que el 30% restante se dedica a la venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores; venta al por menor de combustibles y venta de vehículos.

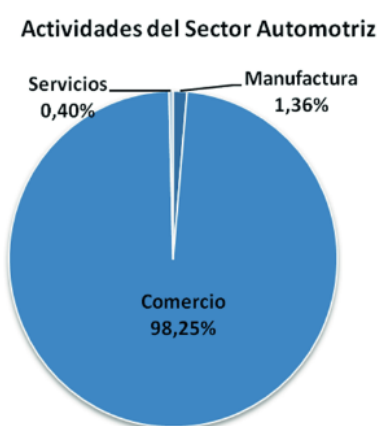


Figura 1.3 Actividades del Sector Automotriz.
Fuente: Censo Nacional Económico (INEC, 2014).

Por otro lado, existen más de 100 establecimientos dedicados a prestar servicios de alquiler de vehículos en todo el país, lo que representa el 0,40% del número total de establecimientos contemplados dentro de las actividades del sector automotriz (INEC, 2014).

Las actividades relacionadas al sector automotriz son fuente importante de plazas de empleo. De acuerdo a información del Censo Económico se tienen 90.012 personas ocupadas, de las cuales el 83% son hombres y el 17% mujeres. En los establecimientos de Comercio se encuentran ocupadas 84.155 personas, en Manufactura 5.194 y en Servicios 663. (Censo Nacional Económico, Instituto Nacional de Estadística y Censo, INEC, 2014).

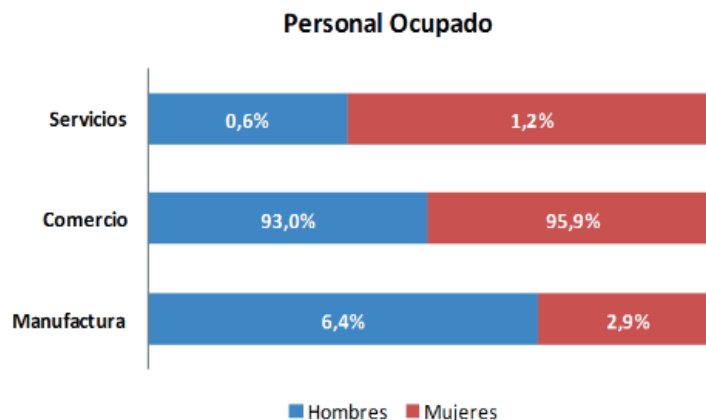


Figura 1.4 Personal Ocupado laboral.
Fuente: Censo Nacional Económico (INEC, 2014).

Entonces el sector Automotriz ya sea como fuente laboral o como necesidad personal e individual o de transporte tiene mucha importancia con relación al crecimiento poblacional y se puede ver en el número de personas por auto existentes hoy en día de manera regional y local como se muestra en la siguiente Tabla 1.1

Tabla 1.1 Número de habitantes por Auto en la Región.

PAIS	PARQUE AUTOMOTOR	POBLACION (MILLONES)	HABITANTES POR VEHICULO
BOLIVIA	1456428	10825000	7,43
ECUADOR	2200000	16424243	7,47
PERU	2600000	31911000	12,27
COLOMBIA	11291152	48747632	4,32
CHILE	7300000	18158923	2,49
VENEZUELA	4200000	31592651	7,52
BRASIL	7800000	209963274	26,92
PARAGUAY	1700000	6736214	3,96
URUGUAY	2173867	3444029	1,58
ARGENTINA	11521000	43918139	3,81

Fuente. Autor datos obtenidos pag <http://countrymeters.info>

A pesar del crecimiento sostenido del parque automotor ecuatoriano y de la importancia económica del sector automotriz, la enorme cantidad de automotores en el país tiene impactos negativos reflejados en la situación ambiental de varias ciudades. Así mismo,

el uso de combustibles subsidiados tiene una importante repercusión en la economía nacional.

1.2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

En Ecuador, de acuerdo a varios estudios efectuados en las principales ciudades, se ha podido determinar que gran parte de la emisión de contaminantes proviene, del sector transporte. Los gases emitidos por los vehículos automotores son dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), y compuestos de plomo y anhídrido sulfuroso. Según el Ministerio del Ambiente (MAE). El incremento de vehículos en los últimos años, la falta de mantenimiento y la antigüedad de los mismos ha causado un aumento considerable en la concentración de contaminantes emitidos a la atmósfera. Por ejemplo: En la ciudad de Cuenca de acuerdo a los registros de vehículos que se presentaron a cumplir la Revisión Técnica Vehicular, RTV, para la matriculación y según datos del registro del monitoreo en el Centro Histórico se registra una concentración de 42 microgramos por metro cúbico de CO_2 cuando la norma ecuatoriana establece como límite los 80 microgramos por metro cúbico de CO_2 , mientras que la OMS determina que el nivel de contaminación permitido es de 40 microgramos por metro cúbico de CO_2 (EMOV,2014).

Según la Asociación Ecuatoriana Automotriz (AEA, 2016) los vehículos que se importan en Ecuador se rigen a la norma automotriz Euro 2 que es parte de un programa de medidas reglamentarias de la Comisión Europea, (Euro 2, 3, 4, 5 y 6), que supone una disminución de la cantidad de CO_2 emitido por los vehículos de motor hasta los 60 miligramos por kilómetro (mg/km) en motores de gasolina y 180 mg/km en los de diésel.

Para la AEA, Ecuador no ha tenido un mayor avance en la disminución de la contaminación vehicular, y considera que no se relaciona con un tema económico. “Es un país cuya economía ha mejorado, pero que aun así, no le permite a todos los

ciudadanos tener un auto de última generación. En nuestro País el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) según la norma de gestión ambiental NTE INEN 2 204: 2002 para vehículos, establece los límites permitidos de emisión bajo ciertos rangos de emisión de gases que deberán ser cumplidos y respetados para la circulación vehicular.

1.2.2 EMISION DE CO₂ VEHICULAR

El CO₂, dióxido de carbono, es uno de los compuestos que se producen al quemar combustible, y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el consumo y tipo de combustible. Un coche en marcha emitirá una cantidad de CO₂ proporcional por cada kilómetro que recorra y normalmente se mide en gramos por kilómetro. Los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 kg de CO₂ por cada litro de gasóleo (google, <http://www.microsiervos.com>, 15/01/2008).

Para poder estimar la cantidad de emisiones al año que el Ecuador podría reducir de acuerdo al número de vehículos del parque automotor se puede calcular con la siguiente tabla la cual está dada de acuerdo al tipo de vehículo por kilómetro recorrido la cantidad de emisiones de CO₂ que estos emiten. Ver tabla 1.2

Tabla 1.2 Para el cálculo de Emisiones de CO₂ por Km recorrido según la Comisión Europea

TIPO	CANTIDAD	MEDIDA	EMISIONES DE CO ₂ EMITIDAS
Vehículo liviano a Gasolina	1	Km	0,14 Kg de CO ₂
Vehículo liviano a Diesel	1	Km	0,16 Kg de CO ₂
Furgoneta o Tipo Bus	1	Km	0,8 Kg de CO ₂
Trailer o Camión	1	Km	1,2 Kg de CO ₂

Fuente: Comisión Europea (CE), 2008

Entonces el volumen de emisiones según al parque automotor Ecuatoriano existente y el recorrido promedio por kilómetros de los vehículos de acuerdo al tipo de Vehículo se muestra en la siguiente tabla 1.3

Tabla 1.3 Emisiones producidas por el Parque Automotor Ecuatoriano con sus tipos de vehículos en Toneladas de CO₂

TIPO	Porcentaje %	# de Vehículos	Km Recorridos (Prom)	EMISIONES de CO ₂ EMITIDAS	CO ₂ en millo de Tn
Vehículo liviano a Gasolina	85	1879680	30000 - 40000	7894656000	7894,656
Vehículo liviano a Diesel	4	78320	30000 - 40000	328944000	328,944
Furgoneta o Tipo Bus	7,7	169400	60000 - 120000	8131200000	8131,2
Trailer o Camión	3,3	72600	60000 - 90000	3484800000	3484,8
TOTAL	100	2200000	180000	19839600000	19839,6

Fuente: Comisión Europea (CE), 2008

Como podemos ver en la tabla 1.3 con la introducción y como alternativa los EVs nos permitirán reducir en un promedio de km recorridos por cada tipo de vehículo en un total de 21,6290 millones de toneladas métricas al año disminuyendo en un considerable número de emisiones de CO₂.

1.3 PROBLEMÁTICA ECONÓMICA.

1.3.1 Consumo de Combustibles en el sector Transporte.

El transporte ha sido uno de los principales partícipes en el desarrollo económico y social de las sociedades. El sector del transporte es el más grande consumidor de energía dentro de nuestra economía, contabilizando casi el 50% del total sectorial MICSE (Balance Energético 2015). El 14% del consumo en el sector transporte está agrupado entre navegación, aéreo y ferroviario, mientras que el 86% del consumo está concentrado en el parque automotor, el cual está distribuido como se ve en la figura 1.5

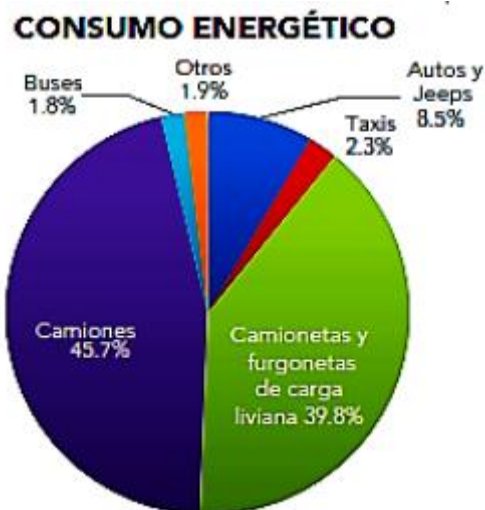


Figura 1.5 Consumo Energético del parque automotor 2015

Fuente: INER

Al ser este sector uno de los más representativos dentro del consumo, se lo ha contrastado también con el PIB generado por el mismo, en orden de establecer cómo esta medida económica ha ayudado a la expansión de este sector dentro de la economía. En efecto, al bajar los costos de la materia prima que se utiliza en este sector como son los diferentes combustibles, éstos pueden lograr un crecimiento mayor del sector gracias al aumento de liquidez y al ahorro en los costos de producción (INER, 2015).

El consumo final de la energía en el transporte tiene dos factores primordiales (Usón, Capilla, Bribián, Scarpellini, 2011)

1. El consumo específico de la energía (tepd/Mt) (Toneladas equivalentes de petróleo/por millones de toneladas transportadas – mercancía)
2. Movilidad ($Mv \cdot Km$ – millones de viajeros por kilómetros viajados)

1.3.2 COSTO DE PRODUCCION DE COMBUSTIBLES PARA EL SECTOR AUTOMOTRIZ.

Los principales combustibles en motores vehiculares en Ecuador provienen del petróleo fósil y son la gasolina, en vehículos livianos, y el diésel en vehículos pesados. La producción y refinación del petróleo es un proceso que influye el fraccionamiento y transformaciones químicas del petróleo para producir derivados comercializables. La producción para el mercado interno incluye la d aquellos procesados por las plantas, de la gerencia de refinación y las mezclas de las gasolinas extra que realiza la gerencia de transporte y almacenamiento.

En el país se producen diferentes tipos de derivados como son: Gasolinas (Súper y extra), Diésel oil, Diésel oil2 y Gas estos se produce en un mes alrededor de 1,68 millones de barriles de gasolina Extra y 498.600 barriles de Súper, que se fabrican a raíz de la importación de 1,28 millones de barriles de naftas (materia prima para la producción de combustibles), cuyo costo de producción es 166,4 millones de dólares. Las naftas importadas tienen un valor de 67,6 millones de dólares, lo que significa un saldo negativo de 98,77 millones de dólares para la fabricación de gasolinas. Otros combustibles fósiles, como el diésel, relacionado a las actividades productivas (transporte de carga, transporte público, fletes y encomiendas) tiene un comportamiento similar por ejemplo la importación de diésel llegó al país a un precio de 157,8 millones de dólares y el país solo recuperó 50,29 millones de dólares por la venta interna causando pérdidas al Estado.

Según estadísticas del Banco Central del Ecuador, los subsidios a los combustibles sumaron 3900 millones de dólares de los cuales las gasolinas (súper y extra) representaron el 35%, el diésel el 51% y 14% entre el gas y otros. Por lo que el país se ahorraría unos 3354 millones de dólares por subsidios de los combustibles anualmente. Los resultados la demanda de combustibles es mucho mayor que su producción por lo que el al país le resulta muy costosa su sostenibilidad de dichos combustibles causando pérdidas al Estado por su producción e importación de sus derivados para la elaboración

siendo una solución la eliminación de su subsidio o un cambio de nuevas fuentes de combustibles rentables y menos contaminantes.

1.4 IDENTIFICACION DE LA NECESIDAD.

Como se ha venido mencionando el sector del transporte tiene un vínculo muy estrecho con el desarrollo económico del país con lo que hace posible un nivel de mayor ingreso a las personas y la posibilidad de adquirir un mejor estilo de vida ya sea como fuente de trabajo o como fuente de transporte. Por ejemplo, el transporte hace posible el acceso a recursos, bienes, insumos, también es una actividad esencial para el desarrollo de las relaciones humanas que de otra manera no serían asequibles por razones de distancia. Así, el transporte ayuda a diversificar y especializar la economía. En la economía ecuatoriana el sector “transporte y almacenamiento” representa aproximadamente un 7% del PIB (Banco Central del Ecuador, 2015).

Entonces teniendo en cuenta que dicho sector es muy importante, su mejora permitirá mejorar la economía a su vez un incremento del PIB con la introducción de los Vehículos Eléctricos eliminando gastos y subsidios al estado Ecuatoriano. También es importante la disminución de contaminación ambiental por menor utilización de combustibles fósiles por lo que su introducción puede ser muy acertada de acuerdo con el cambio de matriz energética, tanto para el país como para enfrentar el calentamiento global.

1.4.1 MOVILIDAD SOSTENIBLE.

Este análisis va con la introducción de medios de transporte como alternativa para minimizar los efectos negativos ocasionados por el uso del vehículo convencional como un medio de movilización ya que la mayoría tienen como fuente principal la energía de los combustibles fósiles.

La movilidad sostenible tiene que ver en gran parte a prácticas y usos de movilidad responsable con personas que van movilizándose ya sea en un medio de transporte no contaminante así como el desarrollo tecnológico que ofrezcan más opciones para una movilidad sostenible. Dicha movilidad trata de disminuir la congestión vial esta busca tecnologías que sean impulsadas por combustibles alternativos en este caso el Vehículo Eléctrico.

La movilidad sostenible debe ser potencializada siguiendo algunos principios (Iberdrola, 2011):

- Dar una movilización más factible con tecnologías (alternativas) para que sea un sistema competitivo.
- Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.
- Minorar el perjuicio en condiciones de salud a los ciudadanos y usuarios.
- Optimizar y mayor seguridad en el desplazamiento vial.

Dentro de las tecnologías asociadas con la movilidad sostenible es la intermodalidad, es decir, el uso combinado de distintos medios de transporte público: autobús, metro, tren, tranvía, bicicleta y la movilidad eléctrica.

1.4.2 MOVILIDAD ELECTRICA.

El vehículo eléctrico, a nivel medioambiental, se ha caracterizado y sobresalido, ante los vehículos convencionales o de combustión interna, por no generar ningún tipo de emisiones durante su utilización evitando, por tanto, la emisión de gases contaminantes en el ámbito urbano lo que por ende mejora la calidad del aire de las ciudades y la salubridad de los ciudadanos que las habitan.

Así mismo, el VE permite disminuir la contaminación acústica, ya que el nivel de decibeles producidos, al estar en movimiento, es mucho menor que el de un vehículo de combustión interna (AVERE, 2015).

1.4.3 Emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI y Calidad del Aire

Como se indicó anteriormente, los vehículos convencionales son una fuente importante de generación de CO₂ en las ciudades. Los vehículos eléctricos, pueden contribuir a la disminución de estas emisiones dependiendo del origen de la electricidad con la que son alimentados. Es decir, el tipo de central eléctrica definirá el aporte del vehículo eléctrico a la disminución de CO₂. Es por esto, que las energías renovables, se posesionan como la mejor opción de generación eléctrica para la recarga de los VE y es imprescindible que éstas ocupen un porcentaje importante en el mix energético.

Los coches eléctricos tienen cero emisiones en el punto de uso y podría ayudar a mejorar la calidad del aire, y por ende la salud de las personas. Si bien hay emisiones en las centrales, éstas son generalmente más fáciles de manejar.

1.4.4 Contaminación Acústica.

La ventaja del vehículo eléctrico se basa en que al funcionar con motor eléctrico no tiene ningún tipo de explosión o quema de combustible, es particularmente silencioso en la arrancada. El nivel sonoro que provoca el vehículo es diez veces inferior cuando se utiliza la tracción eléctrica.

Tabla 1.4 Nivel de ruido Según tipo de Vehículo

TIPO DE VEHICULO Y FUNCIONAMIENTO	L, Db(A)
Ciclomotores	73
Motocicletas	78
Automóviles	
Motor a gasolina	70.5
Motor a diesel	72
Furgonetas	
Motor a gasolina	72.5
Motor a diesel	75
Autobuses	
Arranque	77
Acelerado (Vel. 30-40 Km/h)	82.5
Camiones	
Potencias=105 KW	79.5
Potencias=150 KW	82.5
Potencias >150 KW	85

Fuente: google <http://www.monografias.com/trabajos98/monitoreo-del-ruid>

La contaminación acústica afecta la salud de las personas debido a que provoca estrés, trastornos del sueño, fatiga, nerviosismo entre otros. El objetivo es que los vehículos eléctricos reduzcan el ruido de manera significativa y se puedan utilizar por toda la ciudad sin ningún tipo de restricciones. Por ejemplo, en algunas ciudades europeas, debido al ruido que genera el motor de combustión interna, se ha prohibido la entrada de éste tipo de vehículo a los centros históricos de la ciudad; el vehículo eléctrico, debido a su silenciosa manipulación, no se ve afectado por esta prohibición y se viene adoptando como un elemento compatible para mejorar la calidad ambiental en las ciudades (electricity supply system, Nansai 2011).

CAPITULO II

VEHICULOS ELECTRICOS

2.1 ANTECEDENTES

El coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, hasta el punto que existieron pequeños vehículos eléctricos anteriores al motor de cuatro tiempos diésel y gasolina. Entre 1832 y 1839 (el año exacto es incierto), el escocés Robert Anderson quien inventó el primer vehículo eléctrico puro. Por parte de los inventores franceses Gastón Planté en 1865 y Camille Faure en 1881, allanaron el camino para los vehículos eléctricos. Francia y Gran Bretaña fueron las primeras naciones que apoyaron el desarrollo generalizado de vehículos eléctricos. En noviembre de 1881 el inventor francés Gustave Trouvé demostró un automóvil de tres ruedas en la Exposición Internacional de la Electricidad de París (Sitio web, Wikipedia, history-of-Electric-Vehicles).

Justo antes de 1900, antes de la preeminencia de los motores de combustión interna, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, entre los que destacan la ruptura de la barrera de los 100 km/h, de Camille Faure y Jenatzy el 29 de abril de 1899, que alcanzó una velocidad máxima de 105,88 km/h (Sitio web, Wikipedia, La Jamáis Contente).



Figura 2.1 La Jamáis Contente, primer vehículo eléctrico en superar la barrera de los 100 km/h el 29 de Abril de 1899.

Fuente: García et al. 1997

Los automóviles eléctricos, producidos en los Estados Unidos por los inventores Anthony Baker, Edison Studebaker, y otros durante los principios del siglo XX tuvieron relativo éxito comercial. Debido a las limitaciones tecnológicas, la velocidad máxima de estos primeros vehículos eléctricos no superaba los 32 km/h, por eso fueron vendidos como coche para la clase alta y con frecuencia se comercializaban como vehículos adecuados para las mujeres debido a conducción limpia, tranquila y de fácil manejo, especialmente al no requerir el arranque manual con manivela que si necesitaban los automóviles de gasolina de la época. En España los primeros intentos se remontan a la figura de Emilio de la Cuadra. Tras una visita a la Exposición Internacional de la Electricidad por motivos profesionales se interesó por dichos motores. Sin embargo, la falta de tecnología y recursos materiales y económicos provocó que desechara todos los proyectos y dedicara una docena de automóviles con motor de explosión, bajo el nombre de La Cuadra. La empresa cerró en 1901 debido a la falta de dinero y una huelga (Sitio web, History of Vehicles.org).

La introducción del arranque eléctrico simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, que antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por la marca de Vehículos Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo eléctrico. Además las mejoras se sucedieron a mayor velocidad en los vehículos de combustión interna que en los vehículos eléctricos. A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo (Sitio web, inventors about.com).

2.2 EL VEHICULO ELECTRICO

El funcionamiento de un vehículo eléctrico es totalmente distinto al del motor de combustión interna – MCI. Su movimiento se realiza mediante un motor de tracción (eléctrica), acoplada al eje de sus ruedas o en su defecto, a cada una de sus ruedas con

motores independientes. Estos vehículos disponen de baterías cuya carga se la realiza a través de una conexión a la red eléctrica (Rodríguez. J, 2011).

La batería es la encargada de proporcionar energía eléctrica para el movimiento del motor; la energía cinética que se genera en las ruedas es aprovechada mediante el sistema de freno regenerativo, para cargar la batería.



Figura 2.2 Vehículo Eléctrico.

Fuente: Diario el Tiempo: <http://www.eltiempo.com.ec/>; 2015-03-12

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Para comprender mejor cuando se dice vehículo eléctrico, se debe tener claro que se trata de un vehículo que sólo se alimenta de una batería incorporada a él y que, esta batería, debe ser cargada por medio de una conexión al sistema eléctrico, el cual produce la energía necesaria para que se ponga en marcha. Vale aclarar, que cuando se habla de vehículo, se refiere a coches, motocicletas, buses, furgonetas, etc.

Dependiendo del tipo de batería, es decir, del material de fabricación de ésta, se obtiene una autonomía la cual determina la cantidad de kilómetros que el vehículo puede recorrer una vez tenga la carga completa. Los VEs presentan un notable ahorro de energía

primaria si se compara con un Vehículo de combustión interna - VCI. El propio sector de la automoción reconoce que el motor de explosión, tanto de gasolina como de gasóleo, se está quedando obsoleto y tiene índices de eficiencia energética muy bajos. Menos del 30% de la energía contenida en el combustible llega realmente a las ruedas y las emisiones siguen siendo elevadas, aunque se mejore la tecnología del vehículo (Sitio web, automovileselectricos.net). Por su parte, el VE, tiene una eficiencia mucho más alta y las emisiones se reducen notablemente, sobre todo si se utilizan energías renovables para la generación de energía.

A continuación, en la figura 2.3 se compara la eficiencia de un vehículo eléctrico con uno de combustión interna, ambos alimentados por petróleo como energía primaria. En este ejemplo, la generación de energía para el VE, en la fuente, es tan sólo del 30% y la del VCI es de 83 %, aun así la eficiencia en las ruedas del VE es de 24 % y el de el VCI de 16%, lo que nos muestra que al VCI sólo ésta llegando 20 % de la energía contenida en el combustible, mientras que al VE le llega el 80% de la energía contenida en la batería.

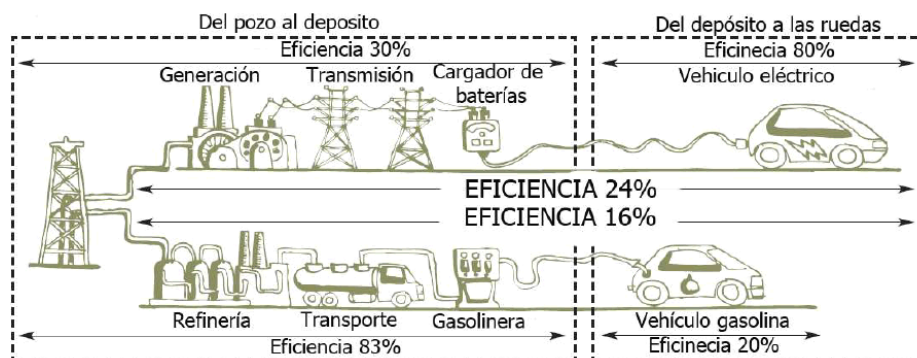


Figura 2.3. Comparación de la eficiencia energética del pozo a las ruedas entre un vehículo eléctrico y uno de gasolina

Fuente: S. Eaves et al. 2012

La característica ideal de par-potencia (Figura 2.4) para la tracción de cualquier vehículo es mantener la potencia constante a cualquier velocidad, y contar con un par elevado a

bajas velocidades para los esfuerzos durante el Arranque (Sitio Web, ELECTRICOS.HTML).

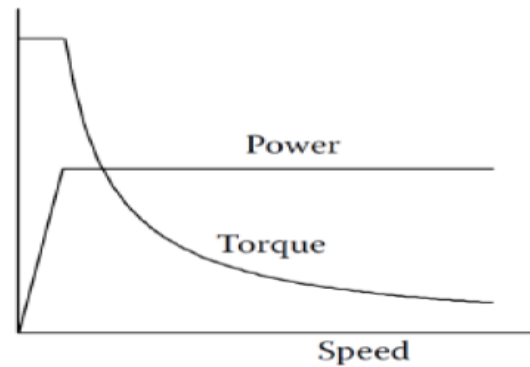


Figura 2.4. Curva Par-Potencia Ideal para Tracción de Vehículos
Fuente: <http://www.automovileselectricos.net/esquemas-electricos>

Esta característica se presenta en el motor eléctrico, ya que con el incremento de velocidad la potencia se mantiene constante, proporcionando un par elevado a bajas velocidades el cual se reduce cuando aumenta la velocidad; una ventaja de este tipo de sistemas es que se puede prescindir de la caja de cambios.

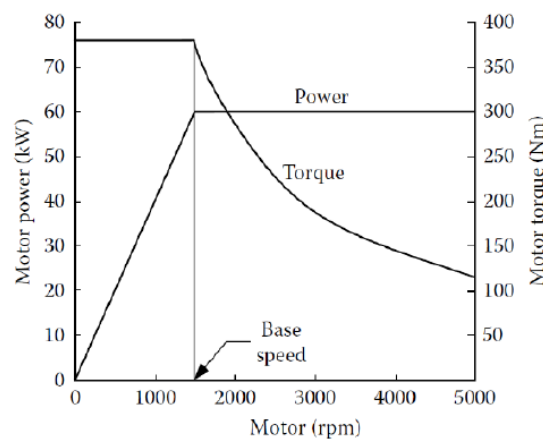


Figura 2.5. Curva Par-Potencia Característica del Motor Eléctrico.
Fuente: <http://www.automovileselectricos.net/esquemas-electricos>

Por lo tanto para una adecuada selección del motor para un VE se deben observar los siguientes aspectos (Vehicles electric, 2011):

- Alta potencia específica.
- Alta densidad de energía (tamaño y peso reducidos).
- Alta capacidad de sobrecargas (alto par de arranque).
- Alta eficiencia (superior al 90% en condiciones normales).
- Amplia gama de velocidades.
- Control sencillo.
- Niveles de ruido y vibraciones bajos.
- Par con pocas variaciones.
- Robustez mecánica.
- Robustez térmica.
- Fabricación y mantenimiento fácil.
- Bajo costo.

Con estas consideraciones, las diferentes marcas de vehículos han masificado el uso de motores asíncronos y síncronos de imanes permanentes, principalmente debido a la gama de velocidades que cada tipo de motor presenta la Tabla 2.1

Tabla 2.1. Tipos de Motores Usados para los VEs (Rodríguez, Jaime. Motores de tracción para vehículos eléctricos. UPM. Junio 2011. Madrid)

Modelo	Motor	Potencia
Nissan Leaf	Síncrono -IP	80 kW
Toyota Prius VEH	Síncrono-IP	50 kW
Chevrolet Volt VEH	Síncrono-IP	111 kW
Mitsubishi i-MiEV	Síncrono-IP	47 kW
Mahindra REVA	Asíncrono	29 kW
Tesla Modelo S	Asíncrono	310 kW

Fuente: (Generalitat de Catalunya. Diagnósis i perspectives del VE a Catalunya 2009)

2.2.2 PARTES DE UN VEHICULO ELECTRICO

Los vehículos eléctricos están propulsados únicamente por un motor eléctrico. La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de una red eléctrica. Estos vehículos se denominan vehículos eléctricos enchufables (Plug-in-EV) como se muestra en la figura 2.6

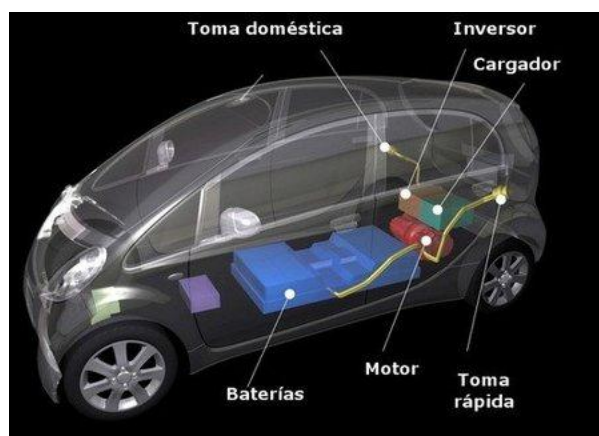


Figura 2.6. Partes de un Vehículo Eléctrico.

Fuente: google<http://www.motorpasion.com/>

Las partes más importantes de un vehículo Eléctrico son:

➤ Puerto de carga

Recibe la electricidad del exterior, puede ser para carga lenta/toma doméstica (8h) y haber otra toma específica para carga rápida entre (5 minutos y 25 minutos). No existe actualmente un estándar para la conexión de carga pero los voltajes más usados son 120 – 220 y 230 Voltios. Así mismo, los tipos de conectores más empleados son:

- Conector tipo Chademo.
- Conector Scame conocido también como EV-Plug-in Alliance.
- Conector tipo Mennekes.

➤ **Transformadores**

Convierten la electricidad de una toma casera o de recarga rápida en valores de tensión y amperaje válidos para el sistema de recarga. No solo cargan a las baterías, también se preocupan de la refrigeración para evitar riesgo de explosión o derrames.

➤ **Controladores**

Comprueban el correcto funcionamiento por eficiencia y seguridad, regulan la energía que recibe o recarga el motor.

➤ **Cargador**

El cargador o transformador convertidor es aquel elemento que absorbe la electricidad de forma alterna directamente desde la red y la transforma en corriente continua, para así poder cargar la batería principal.

➤ **Batería**

Las baterías de Litio-ion, actualmente las más usadas, almacenan la energía que le cede el cargador en forma de corriente continua (DC). Esta batería principal es el medio por el que se alimenta todo el coche eléctrico. En los coches que tienen un motor eléctrico de corriente continua, esta batería iría directamente conectada al motor. En cambio, en los coches eléctricos que tienen un motor eléctrico de corriente alterna, la batería va conectada a un inversor.

➤ **Convertidor**

El convertidor transforma la alta tensión de corriente continua, que aporta la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Este tipo de corriente es el que se

utiliza para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del coche.

➤ **Inversores**

Los inversores u onduladores son los encargados de transformar la Corriente continua que cede la batería principal, en corriente alterna. De esa manera se puede alimentar el motor en corriente alterna del coche eléctrico.

➤ **Motor eléctrico**

El motor de un coche eléctrico puede ser un motor de corriente alterna o de corriente continua. La diferencia entre estos los dos tipos, principalmente, es la forma de alimentación. El de corriente continua se alimenta directamente desde la batería principal, y el de corriente alterna se alimenta a través de la energía que emite la batería previamente transformada en corriente alterna a través del inversor. Como se muestra en la tabla 2.1, actualmente la mayoría de motores instalados en los VEs son de tipo síncrono.

2.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL VEHICULO ELECTRICO

Un Vehículo Eléctrico se desplaza gracias a la fuerza producida por su motor alimentado con electricidad. Al contrario que en motores a gasolina, el motor eléctrico no se nutre de la energía liberada por una explosión, si no por las interacciones electromagnéticas que son producidas en su interior por elementos conductores que se mueven y producen energía cuando están dentro de un campo magnético alimentado con la corriente eléctrica.

El motor, como corazón principal del vehículo, necesita también un controlador y unas baterías para funcionar. Estos tres son los elementos indispensables para cualquier

coche eléctrico. El controlador absorbe la energía de las baterías y se la manda al motor, por simplificar un poco el esquema.

Al pisar el acelerador, se activan una serie de resistencias o potenciómetros que transmiten la señal al controlador para que este sepa cuánta energía debe mandar al motor. Dicho controlador puede enviar numerosos niveles de potencia con los que el conductor podrá ir regulando la velocidad según le pise más o menos. Por tanto, un mayor abuso de velocidad conllevará un mayor gasto de batería y viceversa (Guía del Vehículo Eléctrico, 2013).

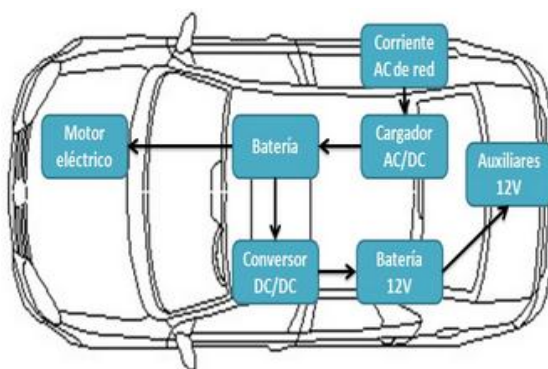


Figura 2.7 Esquema de un Vehículo eléctrico

Fuente: <http://www.automovileselectricos.net/esquemas-electricos>

2.3 TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.

2.3.1 MERCADO INTERNACIONAL

La introducción de vehículos eléctricos a nivel mundial se está convirtiendo en un hecho muy palpable. En países desarrollados como Japón, Estados Unidos, Portugal, Países Bajos, Reino Unido, Irlanda, etc. Existe activa comercialización de vehículos eléctricos teniendo incentivos fiscales y subsidios para las personas que obtén por estas tecnologías. Es por esto que los grandes constructores de automotores han apostado por esta tecnología con una amplia gama como el caso de NISSAN que ha lanzado sus

modelos de vehículos eléctricos como el Nissan Leaf el cual circulo por primera vez en la ciudad de México en el año 2006 Según datos de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (ADMA). Dentro del contexto mundial Norte América y Europa tiene una importancia en el desarrollo de esta tecnología reuniendo cerca del 50% de las ventas mundial hacia el año 2020 como se muestra en la figura 2.8 (International Energy Agency, June, 2011).

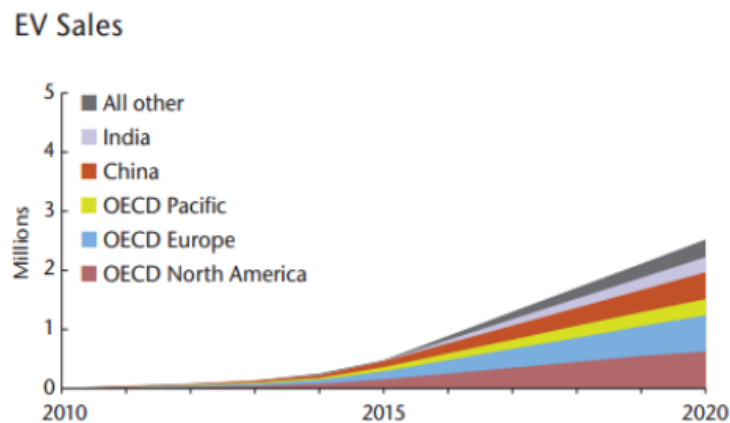


Figura 2.8 Evolución esperada de venta de vehículos eléctricos 2010 – 2020 a nivel global
Fuente: IEA projections, June, 2011

En 2015 las ventas de coches eléctricos en Europa han dado un salto considerable reflejando un incremento del 48,5% en las ventas de coches eléctricos en Europa respecto a 2014. La organización ha calculado que se vendieron 76.301 vehículos de este tipo según datos de la (Avere France, 2011) como se observa en la figura 2.9

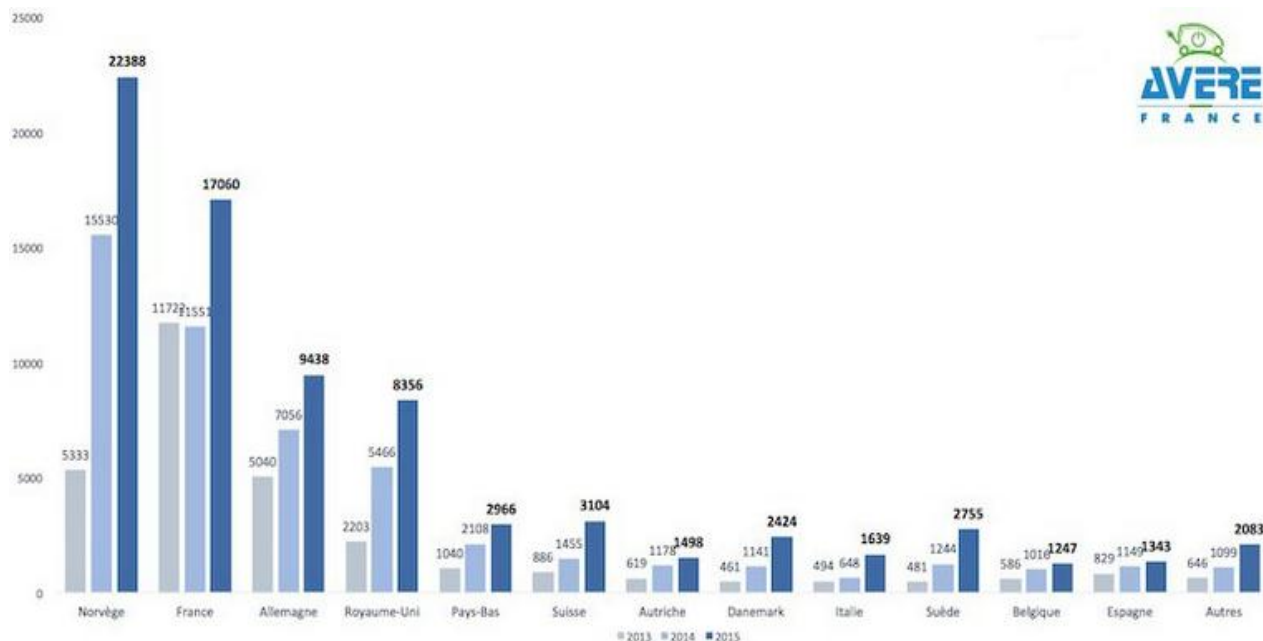


Figura 2.9 Ventas de vehículos Eléctricos en Europa
Fuente: Xlibber y Avere, diciembre, 2015

Además de Nissan, entre las marcas más vendidas a nivel mundial se destacan las siguientes marcas vendidas anualmente en todo el mundo como se muestra en la figura 2.10

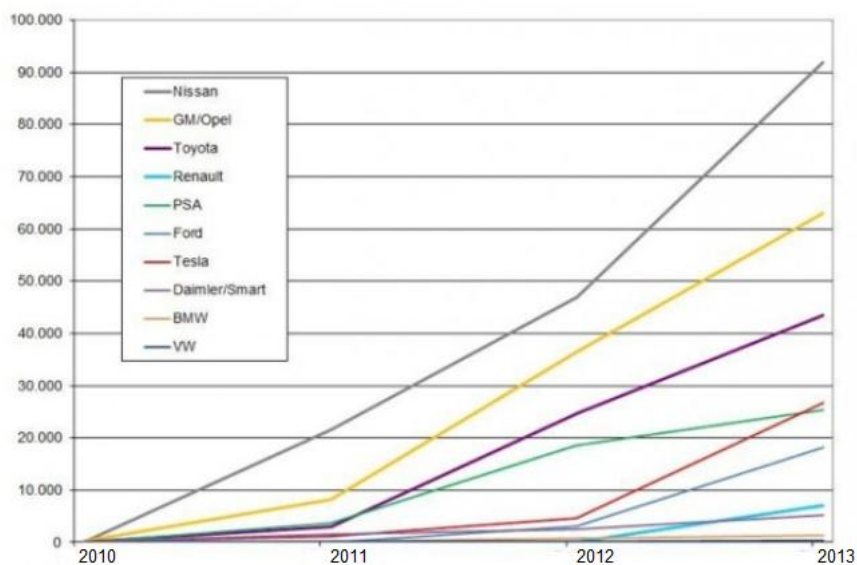


Figura 2.10 Vehículos Eléctricos vendidos en el mundo, por año y por marca
Fuente: GrowthratesEMob-GraphZSW, 2013

2.3.2 TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS DISPONIBLES EN EL MERCADO ECUATORIANO.

Siete modelos de vehículos 100% eléctricos se encuentran disponibles en el Ecuador. De ellos, dos ya están en etapa de comercialización y los cinco restantes se encuentran en etapa de pruebas, a la espera de definiciones de precios o de la instalación de infraestructura para su mejor funcionamiento. Las marcas involucradas en este proceso son Nissan, BYD, Toyota, Green Wheel (Ambacar), Renault y Kia. Estas dos últimas lideran la introducción de los modelos y ya los comercializan o están en etapa de preventa (El comercio, 29 de Enero, 2016).

Tabla 2.2. Tipos de Vehículos Eléctricos disponibles en el Mercado Ecuatoriano

MARCA	MODELO	AUTONOMIA ELECTRICA	CONSUMO (Wh/Km)	ALIMENTACION	PRECIO	IMAGEN
RENAULT	Twizy	120km	63Wh/km	220V - 110V	USD 16990	
KIA	SOUL EV	200km - 212km	164Wh/km	220V - 110V	USD 34990	
NISSAN	LEAF	175km	173Wh/km	220V	USD 39990	
TOYOTA	COMS	60Km	28Wh/km	220V	USD 18990	
BYD	E6	290Km - 300Km	205Wh/km	220V	USD 48000	
RENAULT	KANGOO ZE	170Km	155Wh/km	220V	USD 30000	
GREEN WHEEL		100Km	48Wh/Km	220V - 110V	USD 14000	

Fuente: Catálogo de la Marca de cada Vehículo, Casas Concesionarias

VELEZ SANCHEZ. J

2.4 EL VEHICULO ELECTRICO COMO CARGA

Un auto eléctrico consume alrededor de un 70 – 90% de Energía menos que un vehículo de combustión interna (Bettina Kampman, 2010). Los motores eléctricos destacan por su alta eficiencia a diferentes regímenes de funcionamiento. El gasto energético del motor de un vehículo eléctrico promedio está entre los 13.78 kWh en un recorrido de 100 km. Sin embargo, sólo es el consumo de los kWh que contiene la batería. Como el proceso de carga de la batería o el transporte y distribución de la electricidad tienen pérdidas causadas por no tener un rendimiento perfecto, la cantidad de kWh que necesitan extraerse de una toma de corriente o que se fabrican en la central eléctrica son algo superiores como se puede observar en la siguiente tabla 2.3. Con esto podemos calcular la energía real que debe pasar por cada elemento del sistema para que lleguen esos 13,78 kWh a la batería de un coche eléctrico cada 100km (Bettina Kampman, 2010).

Tabla 2.3 Consumo de un Vehículo Eléctrico por cada 100Km en cada parte del Sistema Eléctrico.

$kWh_{E_{mec}}/100km$	$kWh_B/100km$	$kWh_E/100km$	$kWh_C/100km$	$kWh_M/100km$
Son los kWh que cada 100km se transforman en <i>energía mecánica</i> aprovechable, a partir de los 13,78 kWh de la batería	Son los kWh que cada 100km se consumen de la <i>batería</i>	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>enchufe</i> de carga para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh que pagamos cada 100km	Son los kWh que cada 100km se han producido en la <i>central</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh empleados para los cálculos de contaminación de $kgCO_2/kWh$ de las centrales	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>medio</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería
9,73	13,78	14,38	15,35	31,66

Fuente: Red Eléctrica Española ,2011

Así, de esos 13,78 kWh consumidos de la batería de un coche eléctrico cada 100 km: se transforman en energía mecánica para desplazar el vehículo 9,73 kWh, será necesario extraer de una toma de corriente 14,38 kWh, será necesario producir en una central eléctrica 15,35 kWh y será necesario extraer del medio 31,66 kWh. Debido a que se necesita extraer de la toma de corriente 14,38 kWh para recorrer 100km en un vehículo

eléctrico, éste será el número de kWh que aparecerá en la planilla por cada 100km recorridos.

En Ecuador el coste del kWh para pequeños consumidores es de 0,10ctvs de dólar. Por lo tanto, el coste de utilización de un vehículo eléctrico es de USD 1,50/100 km. Esto es uno de los puntos fuertes de los vehículos eléctricos a baterías. Si se compara con el consumo de un vehículo equipado con un motor convencional, es ciertamente ventajoso. Incluso el gasto por kilómetro sigue siendo pequeño si se compara con un vehículo híbrido como podemos ver en la Tabla 2.4

Tabla 2.4 Costos y Rendimiento entre Vehículos Eléctricos, Híbridos, Combustión Interna

Vehículo y modelo	Tipo	Pot. (cv)	l/100km	€/kWh - €/litro	€/100km	AHORRO
Seat León 1.4 TGI	gasolina	110	3,8	1,44	5,50 €	379 €
Mazda 6 2.0 Skyactiv	gasolina	145	5,5	1,44	7,90 €	619 €
Ferrari 458 Italia 4.5 F1	gasolina	570	13,3	1,44	19,15 €	1744 €
Fiat Punto 1.4 GLP BiFuel	GLP	77	7	0,74	5,20 €	349 €
Opel Corsa 1.3 CDTI	diesel	95	3,3	1,33	4,40 €	269 €
Audi A4 2.0 TDI	diesel	150	4,5	1,33	6,00 €	429 €
Nissan Qashqai 1.5 dCi 4x2	diesel	110	3,8	1,33	5,00 €	329 €
Lexus CT200h	Hibrido	136	2,1	1,44	3,00 €	129 €
Toyota Prius Plug-In Hybrid	Hibrido enchufable	136	3,6	1,44	5,20 €	349 €
VE MEDIO	Eléctrico	96	-	0,136366	1,71 €	-
Smart Fortwo EV	Eléctrico	75	-	0,136366	1,66 €	-5 €
Nissan Leaf	Eléctrico	109	-	0,136366	2,36 €	65 €
Tesla Model S	Eléctrico	360	-	0,136366	2,73 €	102 €

Fuente: Revista Electromovilidad España, 2011

Al integrar los VEs como una carga que consume cierta cantidad de energía incrementando la demanda, la cual deberá ser suplida con mayor generación en un país. Para el caso Ecuatoriano se debe considerar los recursos energéticos incluidos en el plan maestro de electrificación 2012 – 2022 donde se deberá considerar una proyección de consumo al año 2022 de 31.63 TWh de energía que será consumida por el nuevo parque automotor en su totalidad o a su vez de 2.81TWh de vehículos livianos, lo que mostrara un gran porcentaje de carga energética.

Según datos del Conelec prevé la incorporación de 1000 vehículos eléctricos por año entre el 2015 y 2016; lo que implicaría una demanda de energía eléctrica en aproximadamente 300MWh anualmente lo que representaría el 0.01% de la demanda de energía prevista para el año 2022 con la implementación de los proyectos emblemáticos ya en operación (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2012).

Tabla 2.5 Capacidad de las Distribuidoras Eléctricas a nivel Nacional para el plan Maestro de Electrificación al año 2022.

Empresas Distribuidoras	Capacidad al Año 2022	Unidad
CNEL. BOLIVAR	42	MWh
CNEL. EL ORO	144	MWh
CNEL. ESMERALDAS	81	MWh
CNEL. GUAYAS - LOS RIOS	210	MWh
CNEL. LOS RIOS	63	MWh
CNEL. MANABI	213	MWh
CNEL. MILAGRO	102	MWh
CNEL. STA. ELENA	75	MWh
CNEL. STO. DOMINGO	111	MWh
CNEL. SUCUMBIOS	45	MWh
EEE. AMBATO	159	MWh
EEE. AZOGUES	24	MWh
EEE. CENTRO SUR	225	MWh
EEE. COTOPAXI	72	MWh
EEE. NORTE	144	MWh
EEE. QUITO	645	MWh
EEE. RIOBAMBA	108	MWh
EEE. SUR	111	MWh
ELECTRICA DE GUAYAQUIL	426	MWh
EEE. GALAPAGOS	-	MWh
TOTAL	3000	MWh

Fuente: CONELEC plan maestro 2012 - 2022

En el caso de Galápagos, el Estado ecuatoriano tuvo la iniciativa del Proyecto cero combustibles fósiles para impedir la degradación del hábitat y el impacto ecológico para las especies que ahí coexisten. En base a esa iniciativa se encuentran proyectos de

VELEZ SANCHEZ. J

Energía Renovable como El Proyecto Eólico Baltra – Santa Cruz con capacidad de 4650 MWh/ano. Además el proyecto Fotovoltaico en la isla Baltra con un porte de 0,85Gwh/ano, Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora con una capacidad de 1,5Mw, Proyecto Híbrido Isabela con capacidad de 1,2Mw (Ministerio de Electricidad y Energía Renovables, 2012). Una vez que se cuente con suficiente oferta de energía renovable, será posible introducir vehículos eléctricos en las islas.

2.5 EL VEHICULO ELECTRICO COMO ALMACENAMIENTO.

Los VEs permiten el almacenamiento en horas hueco y la recuperación de electricidad en horas pico desde las baterías de los vehículos eléctricos a la red. Además un VE conectado a una red inteligente diría al vehículo cuando debe recargar e incluso cuando puede ceder electricidad a la red, por esta razón los VEs jugarían un papel importante en la gestión de la curva de carga. Teniendo en cuenta que los vehículos eléctricos tienen entre 10 y 100 kWh de capacidad y pasan más del 90% de su vida aparcados, sistemas como V2G (Vehicle to Grid) tendrán un papel central en la transformación de los sistemas de energía.

Las energías renovables también serían otras grandes beneficiarias de la tecnología vehículo a red. Fuentes como la solar o la eólica no son constantes; a veces producen demasiada energía, que se desaprovecha, y en otras no generan energía, por lo que dejan de abastecer a sus usuarios. Así, las baterías de los coches eléctricos o híbridos podrían almacenar también la electricidad generada por estas fuentes renovables (Red eléctrica de España, El Vehículo Eléctrico, España, 2011).

2.5.1 SISTEMAS V2G

El Sistema V2G corresponde a las siglas inglesas *Vehicle-to-Grid* (del vehículo a la red). Es la tecnología que permite el almacenamiento desde las baterías de los vehículos eléctricos a la red en las horas valle -cuando el kWh es más barato- y la recuperación de la electricidad en las horas punta -el kWh es más caro-. Con la V2G, que requiere crear toda una infraestructura hoy inexistente, todos ganan: los propietarios de los vehículos, las empresas eléctricas, la sociedad y el planeta (IDAE – Movele, 2011).

Dado que en algunos países, como en la mayoría de estos, la tarifa valle es inferior a la normal, lo ideal sería recargar las baterías por la noche. Una red inteligente, con decenas de miles de puntos de recarga en calles y aparcamientos, y el software apropiado, avisaría al vehículo cuando debe recargar, parar e incluso verter la electricidad a la red. Hay que tener en cuenta que la mayor parte del parque automotor pasa mucho tiempo aparcado.

Por esta razón los vehículos eléctricos pueden jugar un papel clave para empezar a gestionar mejor la red, aplanar la curva de carga, hacer uso de la desaprovechada reserva activa (la cantidad de electricidad que garantiza la inmediata disponibilidad en caso de necesidad por un aumento inesperado de la demanda) y permitir un aumento de la aportación de la eólica y otras renovables.

La reserva activa podría suministrar la electricidad que consume un tercio del parque de vehículos en la mayoría de los países -siempre que exista la red adecuada-, y evitaría tener que crear una capacidad de generación muy costosa que sólo se utiliza unas pocas horas al año, esas horas que coinciden con el invierno u otro factor climatológico o un inesperado (Movilidad eléctrica Española, 2011).

CAPITULO III

INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS PARA LA CARGA/DESCARGA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

3.1 INFRAESTRUCTURA PARA LA CARGA DE BATERIA DE LOS VEs.

Las Infraestructuras de carga de los VEs se componen de uno o varios puntos de recarga y sus conexiones con la red de distribución, es decir, equipos de suministro de vehículos eléctricos (EVSE). En algunos casos, equipos adicionales, tales como transformadores, generadores o dispositivos de almacenamiento pueden ser parte de la infraestructura con el fin de brindar un servicio eficiente y confiable (Ingeniería Eléctrica de Transporte, 2013).

La posibilidad de ofrecer un abastecimiento rápido de energía a los vehículos es interesante, pues la autonomía de éstos ya no sería un limitante tan fuerte. Para ello, se plantean diferentes alternativas que van desde la opción de puntos de recarga rápida o semi-rápida hasta el intercambio de baterías. Sin embargo, estas ideas, necesitan de infraestructuras específicas para un buen funcionamiento, que ofrezcan accesibilidad, comodidad y seguridad al usuario y al proveedor. Al momento de establecer una infraestructura para movilidad eléctrica, se deben tener en cuenta los factores que la afectan o que se deben contemplar para que ésta sea funcional. Los factores se enumeran a continuación (Gómez, Rivier, Sánchez, 2011):

- Las infraestructuras deben servir para diferentes modelos de vehículos eléctricos.
- Deben existir suficientes estaciones que suplan la demanda, que la incentiven y que tengan la capacidad de suplir la necesidad.
- Se debe contemplar, el costo, el tiempo de carga, la seguridad y la practicidad de la infraestructura.

- Debido a que se realizarán recargas en horas Pico y No Pico, se debe tener un control de la energía proporcionada, para esto, es necesario la instalación de contadores inteligentes y realizar una diferenciación de tarifas de consumo nocturna y diurna.
- Se debe evitar la pérdida de espacio público por la ubicación de las estaciones.
- No se debe generar desorden en las vías debido a las estaciones de recarga
- Las estaciones de recarga deben tener una ubicación estratégica.

El suministro eléctrico es un componente vital en la infraestructura para movilidad eléctrica, este consta de tres partes: la generación de energía, la transmisión y la distribución de ésta. Existen diferentes tipos de alimentadores, y serán empleados según las necesidades y condiciones del espacio en el que se instalará la infraestructura. En la figura 3.1 se muestran las imágenes de los diferentes alimentadores, es preciso decir, que los internos son los más utilizados en las infraestructuras públicas. El alimentador debe instalarse a menos de 6 metros del punto de carga, cuando se trata de carga lenta o media y a menos de 3 metros si se trata de carga rápida. (Comisión Nacional de Energía, 2012).



Figura 3.1 Tipos de alimentadores eléctricos para los puntos de recarga
Fuente: Transport of London. 2011

1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al VEHÍCULO ELÉCTRICO
6	Cargador incorporado al VEHÍCULO ELÉCTRICO
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio España. 2011

Para cargas en corriente alterna todos los equipos se sitúan en el vehículo. Para cargas en corriente continua, todo o parte del equipo se sitúa fuera del vehículo en la estación de carga es decir los elementos que hacen este trabajo lo contiene el equipo exterior.

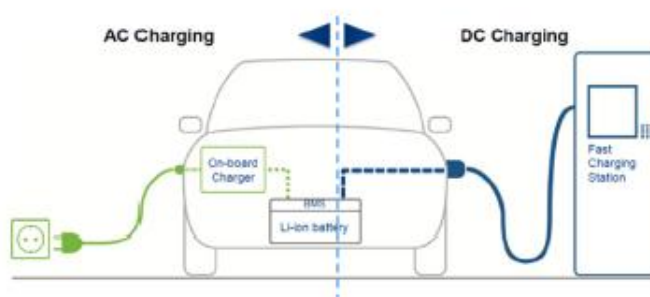


Figura 3.3 modo de Carga en AC y DC
Fuente: Observatorio Tecnológico de la Energía, 2012

Los sistemas de recarga lenta se alimentan, normalmente, de corriente alterna y los sistemas de recarga rápida de corriente continua aunque se pueden dar casos híbridos. Las principales diferencias entre ambos sistemas de recarga son (Guía del Vehículo Eléctrico, 2012):

- Los tiempos de recarga, de 15 a 30 minutos en el sistema rápido y de 5 a 8 horas en el sistema lento.
- La potencia necesaria es de 50Kw en sistema rápido y 3,7Kw en el sistema lento.
- El costo de un Equipo de recarga rápida puede estar por encima de los 25000 USD, en cambio, la recarga lenta necesita inversiones mucho más modestas.

3.1.2 PUNTOS DE RECARGA

Los VEs para su recarga requieren de una fuente que los abastezcan en diferentes puntos los cuales dependerán de varios parámetros que están ligados en su utilización, consumo, accesibilidad y disponibilidad en cuanto a la recarga de sus baterías para el acceso a la fuente de energía que alimenta a su motor en este caso la energía eléctrica por esto existen tipos de recarga como se observa en la figura 3.4 en función de su ubicación y uso como son Públicos y Privados.



Figura 3.4 Tipos de Infraestructuras Públicas y Privada

Fuente: AEDIVE(Asociacion Empresarial Para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico)
Espana 2014

3.1.3 PUNTOS DE RECARGA PRIVADA.

Este tipo de recarga posee su infraestructura propia para los usuarios de vehículos, pues el objetivo de ésta es que cada usuario pueda recargar su vehículo en casa o aparcamiento privado. La característica de esta infraestructura se basa en una carga normal o lenta que dura aproximadamente 6 u 8 horas, la cual, suele realizarse en horas de la madrugada, 12am y 8am, periodo conocido como hora valle o No pico de electricidad (IDAE, 2012).

En este tipo de infraestructura, el punto de carga está destinado únicamente a las tasas normales de carga, es decir 220V a 16 Amp (ver figura 3.5), que permite la carga potencial de 3 kW (Comisión Nacional de Energía, 2012).



Figura 3.5 Punto de Recarga Privada

Fuente: <http://schneiderelectric.es> 2014

Otro tipo de recarga privada, aparte de la del hogar, es la del lugar de trabajo. Las personas pueden pasar entre 6 horas y 8 horas en sus lugares de trabajo, la mayoría de veces con sus vehículos estacionados. La intención de instalar infraestructuras de recarga en los puntos de trabajo, no busca incentivar el uso del vehículo de quien no lo haya tenido antes, por esto, estos puntos de recarga en los lugares de trabajo, debe estar ubicados en lugares donde ya se acostumbraba a ir en vehículo a trabajar (CNE, 2012).

3.1.4 Puntos de recarga Pública.

Este tipo de recarga, está pensado para abastecer a aquellos usuarios de vehículos eléctricos, que no cuentan con espacios como garaje o aparcamiento para realizar la carga privada. Así mismo, la idea de la infraestructura pública es dejar la dependencia de la autonomía de la batería y permitir que, el vehículo eléctrico, pueda recorrer largas distancias, adaptando puntos de recarga intermedios entre los destinos. Es decir, se busca que tenga la misma posibilidad de funcionamiento y brinde la misma comodidad que un vehículo de combustión interna al usuario (General Electric Company Publicaciones, 2011).

La ubicación de estos puntos de recarga pública, dependerá en un principio, de la distribución de los usuarios en la ciudad y de los desplazamientos que éstos estén acostumbrados a realizar. Esto, del mismo modo, determinaría el tipo de carga que se emplearía, pues deduciría el tiempo promedio que el vehículo permanecería enchufado. Los puntos se instalarían en lugares estratégicos del centro urbano, la red de carreteras y servicios de autopistas como se ve en la figura 3.6 (IDAE – Movilidad Eléctrica, 2012).



Figura 3.6 Punto de recarga en la Vía Pública
Fuente: sitio web www.veoverde.com 2014

3.1.4.1 Aparcamientos Subterráneos

En muchas ciudades, se acostumbra a encontrar estacionamientos públicos subterráneos. Estos, son utilizados por los ciudadanos en cualquier ocasión, por lapsos de tiempo que dependen de la necesidad de cada usuario. En ciudades como Londres, París, se adaptaron estos puntos de recarga. En estos lugares se tiene que garantizar que los puntos de recarga sean visibles cerca de las entradas y salidas principales, como se muestra en la figura 3.7. Una vez instalados los puntos, se realizará un seguimiento de las recargas realizadas, requisitos de uso y mantenimiento necesario para un óptimo funcionamiento.



Figura 3.7 Punto de Recarga en Estacionamientos Subterráneo
Fuente: Google www.electromaps.es 2013

3.1.4.2 Aparcamientos en Centro Comerciales y de Entretenimiento

Los lugares comerciales, por lo general tienen una ubicación estratégica en las ciudades, lo que los convierte en un punto ideal para la instalación de puntos de carga (ver Figura 3.8). Las personas, acostumbran a ir a hacer sus compras o divertirse a estos lugares, dejan su vehículo estacionado entre 20 minutos y 3 horas, tiempo suficiente para que aquellos que necesitan una recarga lo puedan realizar sin ningún problema. En algunos centros comerciales, los usuarios pueden recargar sus vehículos con una tarjeta prepago que adquieren para las realizar las recargas por toda la ciudad, sin embargo en algunos establecimientos comerciales, como hipermercados, es necesario ser comprador o pagar una suma de dinero, no muy alta, para llevar a cabo la recarga en el lugar.



Figura 3.8 Punto de recarga en Centros comerciales
Fuente: google www.revistaambiente.es 2014

3.1.4.3 Puntos de Recarga en Estaciones de Servicio (Electrolineras).

Estas estaciones de servicio llamadas también Electrolineras, se definen como las gasolineras de los vehículos eléctricos. Estas, se pueden ubicar dentro de estaciones de servicio convencionales o se pueden construir espacios sólo para este tipo de recarga (ver figura 3.9). Lo que las caracteriza es que son de carga rápida. Estas ya no tienen prohibición de encontrarse dentro de las zonas centrales de las ciudades ya que no son peligrosas por causar algún tipo de contaminación y el riesgo de sufrir explosiones.

Estas electrolineras, pueden ser tanto suministradores de electricidad de corriente directa al vehículo o infraestructuras de intercambio de batería. Estas infraestructuras se caracterizan por tener costos muy elevados y, en el caso de las electrolineras de carga rápida, la manipulación que el usuario debe tener con la electricidad y el cable, puede llegar a generar inseguridad. Es por esto, que la modalidad de carga rápida se utiliza únicamente en casos extraordinarios, sin embargo su existencia es fundamental para incentivar el uso del vehículo eléctrico pues psicológicamente atrae al consumidor, dándole garantía de encontrar recarga en cualquier lugar y no estar limitado por la autonomía de la batería de su vehículo (Circutor, 2011).



Figura 3.9 Punto de Recarga en Servicio de Estación (Electrolineras)
Fuente: Better Place 2014

3.2 SISTEMAS DE CARGA DE LOS VEs

Por problemas de autonomía de las baterías y el tamaño que éstas tendrían para una durabilidad competitiva con los vehículos convencionales, se han establecidos diferentes sistemas de carga. Se deberá especificar el tiempo necesario para cargar totalmente una batería de un vehículo eléctrico que está en función del tamaño de la batería y la cantidad de energía eléctrica o kilovatios (kW) que un circuito eléctrico puede entregar a ésta. Un circuito de 110-120 voltios de corriente alterna (VAC), de 15 amperios, entregará, como mínimo, 1,1 kW a una batería. Por otra parte, uno de 220-240 VAC, 40 amperios entregará, como mínimo, de 6 kW a una batería (Hydro Quebec, 2012).

La energía se suministra a la batería a través de la entrada que tiene el vehículo eléctrico en el cargador. El cargador y la entrada del vehículo eléctrico se consideran parte de éste. Un conector es un dispositivo que, por la inserción en una entrada del vehículo eléctrico, establece una conexión eléctrica con el propósito cargar y realizar un intercambio de información.

3.2.1 SISTEMA DE CARGA LENTA

Este tipo de sistema se lo puede tener en nuestras casas como se ve en la Figura 3.9. Para realizar éste tipo de carga sólo es necesario un enchufe monofásico convencional, es decir, como todos los que hay en los hogares. El voltaje varía según el país y por ende varía la cantidad de kWh suministrados. En Europa el voltaje es de 220-230V y una potencia promedio entre 3 y 7 kW, esto influye directamente en el tiempo que puede durar un vehículo en cargarse. En promedio, un vehículo eléctrico, conectado a 220V puede tardar entre 5 y 8 horas en cargarse totalmente, esto depende del tipo de vehículo y la capacidad de la batería. Como se mencionó anteriormente, este tipo de carga, se

acostumbra a llevarse a cabo en las noches, debido al largo tiempo que supone la recarga completa (García, López, 1997).



Figura 3.10 Sistema de Carga Lenta
Fuente: <http://www.schneiderelectric.es>

3.2.2 SISTEMAS DE CARGA MEDIA O DE OPORTUNIDAD

El sistema de carga media o de oportunidad se implementa con el fin de que el usuario pueda tener una recarga de urgencia o imprevista sin ningún inconveniente. Este sistema de carga, consta de un circuito monofásico con tensiones nominales entre 230V y 400V (dependiendo del país) ofreciendo una potencia entre 7 y 43 kW lo que permite que el vehículo eléctrico puede cargarse totalmente entre 1 y 4 horas (IDAE, 2012). Sin embargo, el objetivo principal, de este tipo de carga, es que el vehículo no se cargue completamente, sino que sea un apoyo a la carga que se hizo en la noche, debido a que al cargar en horas no pico de la demanda de electricidad diaria, los costos y la potencia de la red eléctrica se ven afectados (Figura 3.11)



Figura 3.11 Sistema de Carga Media o de Oportunidad

Fuente: <http://www.schneiderelectric.es>

3.2.3 SISTEMAS DE CARGA RAPIDA

Este tipo de sistema es adoptado por las estaciones de servicio, las “Electrolineras” pero a su vez presenta tres posibles obstáculos para su implementación: la capacidad de la batería para absorber la carga en un tiempo corto, la capacidad del sistema de suministro y la dificultad de asegurar una eficiente conexión entre la red y la batería (ChaDemo, 2014).

La carga rápida requiere mayor potencia que la carga lenta y media, por lo tanto, se puede llegar a requerir una ampliación de la red eléctrica existente. Así mismo, al tener una mayor potencia e intensidad requiere de más control y medidas de protección, lo cual incide en un aumento de los costos de las infraestructuras de suministro (ChaDemo, 2014).

Este tipo de carga está en desarrollo, sin embargo países como Japón y Dinamarca tienen una amplia red de recarga rápida, esto debido a la urbanización de las ciudades de éste país, donde la gente habita en edificios multifamiliares que no ofrecen garajes o espacios de recarga nocturna para los dueños de vehículos eléctricos. Entre las empresas encargadas de implementar infraestructuras para este tipo de carga están ChaDeMo y Better Place, las cuales han instalado varios puntos en Japón, Europa, Estados Unidos y Sudamérica. La carga Rápida se caracteriza por realizarse con VELEZ SANCHEZ. J

corriente continua, para esto, los vehículos tienen los inversores incluidos. El objetivo es poder recargar el 100 % de la batería del vehículo en menos de 5 minutos, para de esta manera poder llegar a competir con el tiempo que puede demorarse un vehículo de combustión interna en una estación de servicio. La carga rápida debe realizarse con un cargador exterior que suministre hasta 10 kW, y para esto los circuitos deben ser de más de 400V (ChaDemo, 2014).

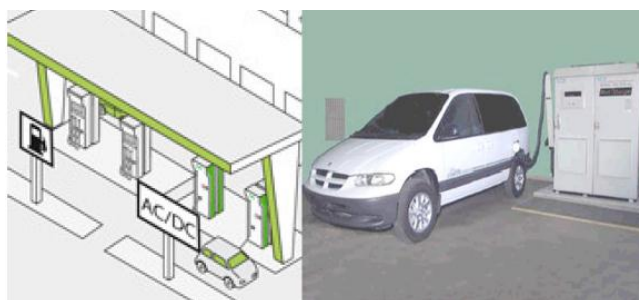


Figura 3.12 Sistema de Carga Rápida
Fuente: <http://www.schneiderelectric.es>

3.2.4 TECNOLOGIAS DE CARGA PARA LOS VEs

Existen dos tipos de tecnologías principales para la carga de vehículos eléctricos.

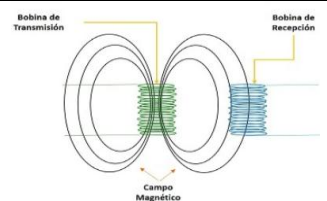
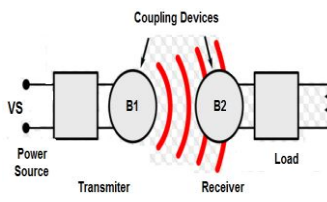
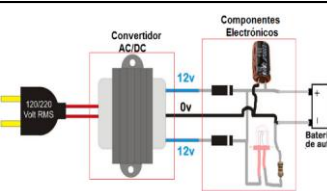
3.2.4.1 CARGA INDUCTIVA

Se realiza con la transferencia de potencia mediante inducción de corriente a través de campos electromagnéticos. Es una tecnología en desarrollo es menos eficiente que la carga conductiva pero en campo de seguridad es mucho menos peligrosa ya que impide cualquier riesgo de electrocución (Movilidad eléctrica Española, 2011).

3.2.4.2 CARGA CONDUCTIVA

Esta tecnología es la más sencilla es la conexión directa de la toma de alimentación del vehículo a la red con la ayuda de cables que permiten la transferencia de potencia (movilidad eléctrica Española, 2011) ver tabla3.1.

Tabla 3.1 Características y Esquemas de las tecnologías de Carga

TECNOLOGIA	TIPO	ESQUEMA	CARACTERISCTICAS
Inductiva	Carga Electromagnética		Inalámbrica transferencia de energía a través de campo electromagnético, de corta distancia y requiere contacto con los dispositivos
	Carga por Resonancia magnética		Inalámbrica transferencia de energía a través de resonancia magnética mediante dos bobinas una que envía y otra que recibe cuando tienen una misma frecuencia, a una distancia de 50cm
Conductiva	Carga por Cables o Cableado		Alambrica Tranferencia de la energía a través de cables desde la fuente de energía hacia el dispositivo receptor mediante componentes electrónicos

3.3 Baterías usadas en los Vehículos Eléctricos.

Una parte esencial del VE que condiciona en buena medida su desempeño es la batería. Los aspectos más relevantes de las baterías y en donde se está trabajando para su mejora son (Calle, Santamarta, 2009):

Reducción de Costes. Hoy las baterías suponen una importante fracción de los costes del VE lo cual limita la comercialización de estas.

Capacidad de Almacenamiento. La autonomía del VE depende de la energía almacenada en la batería. Al ser un elemento modular, es posible adicionar más para lograr aumentar su autonomía pero en si el problema recae sobre su peso y por tanto en la eficiencia.

Vida útil. Las aplicaciones tradicionales de las baterías no han requerido una elevada vida útil de estas. En el caso del VE, específicamente por su alto coste se necesita que estas tengan un número elevado de ciclos de carga.

3.3.1 Tipos de Baterías usadas en los VEs.

Los tipos de baterías más usadas en la actualidad a nivel mundial son: plomo ácido, Níquel – hidruro Metálico (Ni – HM) y las de ion – litio.

El desarrollo de la tecnología de baterías de iones de litio está avanzando muy rápidamente. En los últimos tres años se ha logrado aumentar la capacidad actual de las células prismáticas de estas baterías en un 50 por ciento, de 25 amperios hora (Ah) por célula a 37 Ah. La densidad de energía se ha incrementado en un grado similar. Las células planas ahora alcanzan hasta 550 vatios hora por litro de volumen, y se espera que alcancen unos 750 Wh/l en 2025. Un efecto secundario importante es que los costes de las baterías se han reducido a alrededor de la mitad en los últimos cinco años, lo que está permitiendo que la movilidad eléctrica esté al alcance de más clientes.

Las principales características de estas se muestran a continuación (Híbridos y Eléctricos, España, 2016):

Ni – MH (Níquel – Hidruro Metálico)

- Mejora de energía específica (40 a 75 Wh/kg)
- Ciclo de vida reducido (300 – 600 ciclos)

- Moderado efecto “ memoria”
- Precio elevado
- Reducido impacto ambiental.
- No requieren mantenimiento
- Elevada potencia especifica

Plomo ácido

- Baja energía especifica (10 – 35 Wh/Kg)
- Ciclo de vida reducido (400 – 800 ciclos)
- Presencia de compuestos tóxicos y riesgo de desprendimiento H₂
- Voltaje elevado (2.1v)
- Capaz de suministrar altas intensidades
- Muy Madura y de bajo costo
- Bajo costo que van entre \$350 dólares

Iones de Litio

- Voltaje muy elevado (4.1v)
- Precio elevado
- Elevada energía específica (110 a 170 Wh/kg).
- Muy sensible a temperatura de trabajo.
- Ausencia a efecto “memoria”.
- Gran durabilidad frente a muchos ciclos (> 1500ciclos).

- Baja auto descarga.
- Coto elevado de sus Baterías, hay varias configuraciones de paquetes de baterías de litio según voltaje y Ah (capacidad).
- 48V 40Ah- 1500 dólares
- 48V 60Ah- 2500 dólares
- 48V 100Ah- 3800 dólares
- 72V 60 Ah- 3800 dólares
- 72V 100 Ah- 5900 dólares
- Llegando a 144V 200 Ah y 6900 dólares

Tabla 3.2 Resumen Características de las baterías para un VE.

Fuente: Jesús moreno Herrero 2013

Tipo de batería	Energía (Wh/kg)	Energía/Volumen(Wh/litro)	Potencia/ Peso (W/Kg)	Eficiencia [%]	Número de Ciclos
Pb-ácido	40	60-75	180	82,5	500
Ni-Mh(Ni-hidruro metálico)	70	140-300	250-1.000	70,0	1.350
Ión-Litio	125	270	1.800	90,0	1.000

3.2 Curvas y Tiempo de carga de las Baterías

Hoy en día, se viene realizando en distintos países del mundo, pruebas técnicas para determinar o confirmar las características establecidas por los distintos fabricantes de vehículos eléctricos.

En el Ecuador luego de las pruebas efectuadas en 3 ciudades (Quito, Guayaquil y Cuenca) fueron evaluados tres tipos de vehículos con las siguientes características como se muestran en la tabla 3.3 (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015).

Tabla 3.3 *Características de los VE evaluados.*

Modelo	Autonomía Diseño	Potencia	Baterías
Nissan Leaf	199 km	80 kW	24 kWh
Renault Kangoo	160 km	44 kW	22 kWh
Kia Soul	200 km	81,4 kW	27 kWh

Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015

Estas pruebas con las características de Autonomía del vehículo, Potencia y Consumo de la Batería dieron como resultado, las curvas de carga de cada vehículo. Dichos datos se obtuvieron de los analizadores de energía eléctrica instalados durante el proceso de carga en las siguientes marcas: Kia, Nissan y Renault como muestra la figura 3.13; El área bajo cada curva representa la energía requerida para la carga de sus baterías de 0 a 100%; 29,63kWh; 24,68kWh y 23,29kWh, respectivamente (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015).

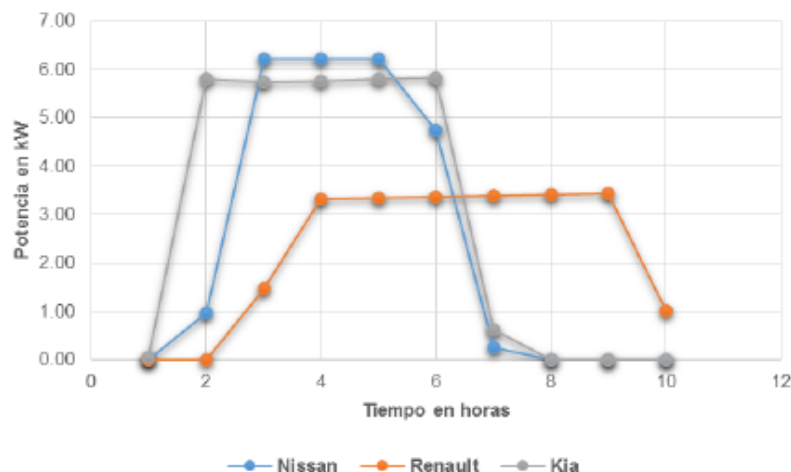


Figura 3.13 *Perfiles de carga de los VE en prueba*
Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015

En las figuras 3.14 a 3.16 se pueden observar las curvas de carga en por unidad de la potencia requerida por cada uno de los vehículos. Estos datos se obtuvieron normalizando la información de acuerdo a la potencia del cargador de cada vehículo mostrado (tabla 3.4)

Tabla 3.4 *Potencia de cargador y batería del VE*

Resultados	Kia	Nissan	Renault
Tamaño Batería (kWh)	27	24	22
Potencia Cargador (kW)	6.60	6.60	3.50

Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015.

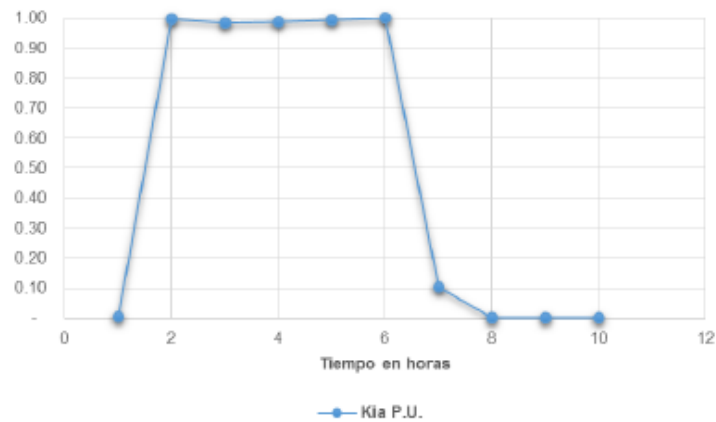


Figura 3.14 Curva de Carga en PU del VE Kia Soul.
Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015

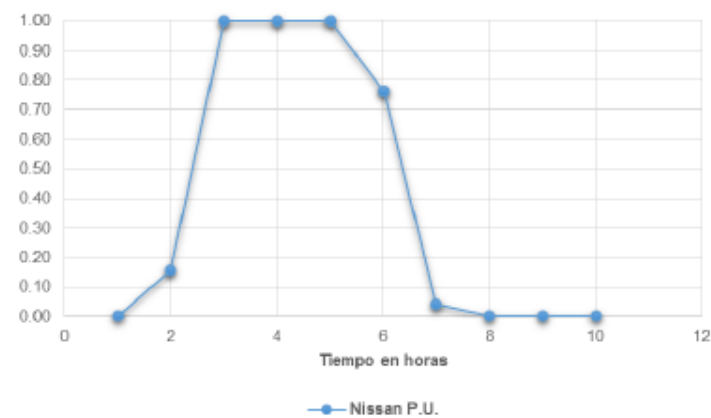


Figura 3.15 Curva de Carga en PU del VE Nissan Leaf.
Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015

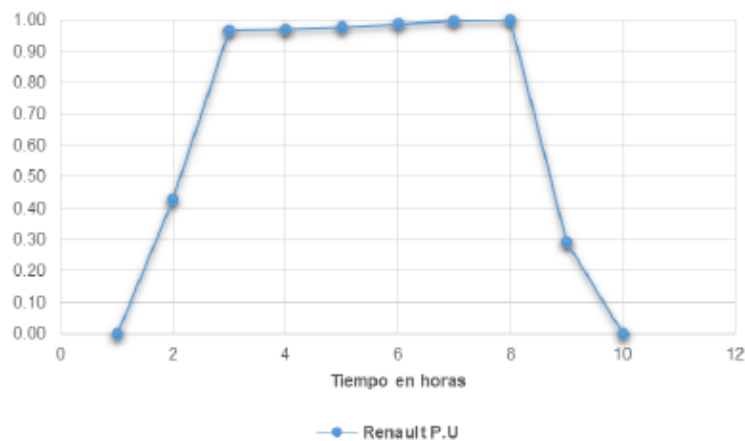


Figura 3.16 Curva de Carga en PU del VE Renault Kangoo.
Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015

3.3 Estimación de la Energía a ser Almacenada por el Parque Automotor de los Vehículos Eléctricos

Para estimar la energía a ser almacenada en un parque automotor de Vehículos Eléctricos se tendrá en cuenta el índice de penetración de los VEs anualmente y el tipo de Batería que estos VEs poseen.

Según el MEER (Ministerio de Electricidad y Eficiencia Energética) con la introducción de los VEs para el año 2015 se estimó una penetración de 700 a 1000 Vehículos Eléctricos a nivel nacional pero dichas cifras no se han podido confirmar. Estudios de mercadeo sugieren cifras menores a los 700 VEs. Estudios de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, partiendo del supuesto que en el 2015 se comercialicen 700 unidades de VEs y esta se mantendría en una tasa constante de crecimiento anual de ventas de 1,49%, estiman que al 2030, el Ecuador contará con 242.271 VEs, lo cual representaría el 23% del total de ventas vehículos de carga liviana (ver figura 3.16). Este valor representa el 10.57 % del total del parque automotor de alrededor de 2'200.000 vehículos en su totalidad de los cuales el valor a considerar es el número de vehículos livianos particulares que ascienden a 1'958.000.



Figura 3.17 : Proyección de ventas de VE

Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

En cuanto a las baterías de los VEs, como ya se menciona en puntos anteriores existen dos tipos de baterías más comunes como son las baterías de Plomo – Ácido y Litio – ión. Las baterías de Plomo – Ácido fueron usadas en el primer vehículo eléctrico GM-EV1 y actualmente se usa en vehículos como el Reva-i, Toyota, entre otros. En el GM-EV1 se tiene un sistema de 8 baterías de Pb-acido de voltaje nominal 48V, capacidad de 195Ah y una energía de 9,36kWh.

Las baterías de Litio – ión son capaces de acumular mayor cantidad de energía por unidad de peso y volumen, por lo que este tipo de batería presenta una elevada capacidad y densidad de energía. Para este tipo tomaremos las que utilizan algunos modelos disponibles en el mercado Ecuatoriano como es el Nissan y Renault con una capacidad de 24 kWh la cual contiene 48 Módulos con 4 células por Módulo.

Para el año 2016 se tendrá una nueva batería de 30 kWh la cual contiene 24 Módulos y 8 células por Módulo. Con estos datos conocidos se plantean dos tipos de escenarios dentro de los cuales se presentan algunas restricciones para facilitar el estudio. Se deberán considerar los siguientes factores relacionados con:

- Índice de penetración de los VEs en el país.
- El tipo de baterías que utilizan los diferentes VEs.
- El valor de capacidad de energía de cada batería.
- El valor de Profundidad de Descarga de cada tipo de batería mínimo y máximo.
- El tipo de carga en que se va a realizar el almacenamiento.
- El número de ciclos de carga/descarga de la batería dentro de los cuales no se afecte la vida útil y funcionamiento de la batería.
- El horario en que se realiza esta carga y a su vez el almacenamiento.
- El tiempo que dura la recarga de la batería.

Para facilitar el estudio en estos escenarios plantearemos algunas restricciones dentro de las cuales se mencionan las siguientes como son:

- El tiempo de descarga de las baterías

Este tiempo dependerá de las características físicas de cada tipo de batería y este tiempo estará dentro de los horarios propuestos para inyectar energía a la red.

Ejemplo: Con una batería de 48v, 195Ah, t 10h de intensidad nominal

$I_n = 195\text{Ah}/10\text{h} = 19,5 \text{ A}$ de forma continua durante 10h

En este tiempo nos dará una Potencia de:

$$P = 19,5 \text{ Amp} \times 48 \text{ Volt} = 936\text{w}$$

$I_{\text{max de Descarga}} = \text{n veces la } I_{\text{nominal}} = 60\text{Amp}$ (en este caso asumimos $n=3$)

Ya que con esta Intensidad máxima obtenemos una Potencia de

$$P_{\text{max}} = 60\text{A} \times 48\text{V} = 2880\text{W}$$

$$\text{Wh} = 195\text{Ah} \times 48\text{V} = 9360\text{wh} = 9,36\text{KWh}$$

El Tiempo que puede entregar los 2880W:

$$T = 9360\text{wh}/2880\text{w} = 3,2 \text{ h}$$

- Se desprecia las perdidas en las baterías ya que es un valor muy pequeño en comparación con la cantidad de energía que se va a inyectar a la red desde las baterías. Pero las pérdidas de una batería están relacionadas con el tipo de cargador, la temperatura a la que se realiza la recarga. Y desperfectos con los conectores de las baterías.
- La carga de los VEs no podrá realizarse en las horas pico (horas punta).
- Se considera un recorrido promedio diario mínimo según el INEC y un recorrido del doble para un caso máximo.
- El precio de la venta de Energía a la red desde la batería debe ser mayor o igual al que el del precio total de la batería dentro del tiempo de su vida útil y el costo de consumo que esta realiza para realizar su recarga.

3.3.1 ESCENARIOS DE ESTUDIO

3.3.1.1 Escenario 1:

Dentro de este primer escenario el recorrido diario promedio de vehículos de uso particular de la ciudad de Cuenca que tomaremos será de 30Km, este promedio varía de acuerdo a la ciudad de cada usuario de un VE ya sea por la distancia implícita en cada ciudad y sus puntos de ubicación en el cual este recorrido puede estar basado en las actividades cotidianas como pueden ser: recorridos a domicilio, escuela-colegio-universidad, supermercado, iglesia, trabajo y otros. La entrega de energía se realizará cuando el propietario llegue de su lugar de trabajo a su lugar de residencia y realice la operación de entrega de energía a la red desde las 19h00 a 22h00 (hora pico).

- 1) El índice de penetración anual que se tiene según el MEER, se puede ver en la figura 3.17
- 2) El tipo de Batería que posee los VEs son una parte muy importante al momento de analizar la operación de almacenamiento de energía para un parque automotor ya que dependiendo el tipo que este posea vendrán relacionados diferentes características técnicas de funcionamiento y operatividad de las mismas en este caso los tipos de batería que analizaremos son de Plomo – ácido y Litio - ión
- 3) La energía que puede suministrar dicha batería está dada por el número de Vatios-hora (Wh) de la misma y puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal ($V_{nominal}$) de la batería por el número de Amperios hora (Ah).

$Wh = \text{Energía a ser Almacenada}$

$$Wh = V_{nominal} \times Ah$$

- 4) La Profundidad de Descarga que posee cada tipo de batería es muy importante ya que dicho parámetro está relacionado con su eficiencia y tiene que ver directamente con

la Energía Total (ET) que puede suministrar la batería como se ve en la siguiente ecuación y una Energía Total con un mínimo y máximo de profundidad de descarga del (70% y 80%) según el tipo de Batería utilizadas para este análisis.

$$ET = WH = V_{nominal} \times Ah \times PD$$

- 5) El tipo de recarga con el cual se realiza la operación de almacenar la Energía. Por lo que para los escenarios planteados son de tipo lenta y se lo realiza en lugares residenciales.
- 6) El número de ciclos de carga/descarga está relacionada directamente por el tipo de batería como se dijo utilizamos baterías de Plomo – ácido y Litio – ión los cuales se encuentra en el rango de 400 a 800 y 1500 a 3000 ciclos respectivamente.

Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos	Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Plomo- Ácido	400	10%	360	Littio – ión (Li-ión)	1500	10%	1350
		20%	320			20%	1200
		30%	280			30%	1050
		40%	240			40%	900
		50%	200			50%	750
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos	Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Plomo- Ácido	400	60%	160	Littio – ión (Li-ión)	1500	60%	600
		70%	120			70%	450
		80%	80			80%	300
		90%	40			90%	150
		100%	0			100%	0
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos	Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Plomo- Ácido	800	10%	720	Littio – ión (Li-ión)	3000	10%	2700
		20%	640			20%	2400
		30%	560			30%	2100
		40%	480			40%	1800
		50%	400			50%	1500
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos	Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Plomo- Ácido	800	60%	320	Littio – ión (Li-ión)	3000	60%	1200
		70%	240			70%	900
		80%	160			80%	600
		90%	80			90%	300
		100%	0			100%	0

Cuadro 3.1 Número de ciclos carga/descarga con Baterías Plomo- Ácido y Litio- ión

- 7) El horario en que se realice esta recarga no se encuentra definida aun por los entes reguladores de Energía, lo cual deberían tener algún tipo de beneficio para que estimulen al usuario con una tarifa horaria preferencial. Pero para facilitar el estudio

serán en horas donde existe menor demanda a partir de las 22hpm en adelante hasta las 14h00.

Horario Nocturno desde las 21h a 00h		Horario en la Mañana desde las 06h a 09h		Horario en la Tarde desde las 12h a 14h	
Horario para la Recarga	# Horas que puede cargarse	Horario para la Recarga	# Horas que puede cargarse	Horario para la Recarga	# Horas que puede cargarse
21h a 05h	8h	06h a 14h	8h	12h a 20h	8h
21h a 04h	7h	06h a 13h	7h	12h a 19h	7h
21h a 03h	6h	06h a 12h	6h	12h a 18h	6h
21h a 02h	5h	06h a 11h	5h	12h a 17h	5h
22h a 06h	8h	07h a 15h	8h	13h a 21h	8h
22h a 05h	7h	07h a 14h	7h	13h a 20h	7h
22h a 04h	6h	07h a 13h	6h	13h a 19h	6h
22h a 03h	5h	07h a 12h	5h	13h a 18h	5h
23h a 07h	8h	08h a 16h	8h	14h a 22h	8h
23h a 06h	7h	08h a 15h	7h	14h a 21h	7h
23h a 05h	6h	08h a 14h	6h	14h a 20h	6h
23h a 04h	5h	08h a 13h	5h	14h a 19h	5h
00h a 08h	8h	09h a 17h	8h	15h a 23h	8h
00h a 07h	7h	09h a 16h	7h	15h a 22h	7h
00h a 06h	6h	09h a 15h	6h	15h a 21h	6h
00h a 05h	5h	09h a 14h	5h	15h a 20h	5h

Cuadro 3.2 Horarios posibles donde no existe mayor Demanda y puede realizarse la recarga entre 5h y 8h de duración

Nota: Los datos que se encuentra de color rojo son los horarios en los que no se puede realizar la recarga por que coinciden con la hora de mayor demanda con una duración máxima de 8horas y mínima de 5horas

- 8) El tiempo o velocidad de recarga de la batería está dado por el tipo de recarga que se le da a la batería en este caso será de tipo carga lenta la cual tiene un tiempo mínimo de 5h y un tiempo máximo de 8h el mismo que depende de tres factores: el tamaño de la batería (es decir la capacidad, que se mide en Kwh), la potencia del punto de recarga (que se mide en kW) , y la potencia máxima a la que el propio coche eléctrico puede ser recargado. Si la potencia del punto de recarga y la que el coche posee son diferentes, predominará el menor de los dos.

Por ejemplo:

- El punto de recarga es de 7.4 kW y el coche tiene una potencia de carga máxima de 3.7 kW: la recarga se producirá a 3.7 kW.
- El punto de recarga es de 3.7 kW y el coche tiene una potencia de carga máxima de 7.4 kW: la recarga se producirá a 3.7 kW.

Una recarga completa de un coche eléctrico a una potencia de 3.7 kW se realiza en unas 5-8 horas, siempre dependiendo de la capacidad de la batería del coche. Para una carga completa a 7.4 kW, se requieren aproximadamente 3-4 horas. De todas maneras, en tu día a día tu coche no necesitará estar tanto tiempo conectado al cargador, salvo que hagas muchos kilómetros diarios. Por ejemplo, si tu trayecto diario es de 50kms, tu coche eléctrico debe estar entre tan solo 2-3 horas cargándose para estar de nuevo al 100%.

- 9) El costo del kw/h que haga posible la descarga a la red siendo este \geq al costo de la batería en el tiempo de su vida útil en cuanto al número de veces que puedo realizar la operación de almacenar y descargar la energía sin afectar su funcionamiento y el costo que resulta de esta utilidad.

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		# Veces/día	Consumo en Kw/h	Csto de 1Kw/h	Costo Total para la Recarga	
							con min ciclos	con max de ciclos
PLOMO - ACIDO	9,36Kwh/68Km	400	800	1	10,36	0,08	331,52	663,04
LITIO - ION	30Kwh/210Km	1500	3000	1	31	0,08	3720,00	7440
PLOMO - ACIDO	9,36Kwh/68Km	400	800	1	10,36	0,10	414,40	828,8
LITIO - ION	30Kwh/210Km	1500	3000	1	31	0,10	4650,00	9300

Cuadro 3.3 con factores que intervienen en la recarga y su costo total

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Profundidad de Descarga	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		Kw/h entregados por la batería	Kw/h entregados por PD	Csto de 1Kw/h entregado a la Red	Costo Total de entrega a la Red	
								con min ciclos	con max de ciclos
PLOMO - ACIDO	9,36Kwh/68Km	70%	400	800	5,26	3,682	0,47	692,22	1384,43
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	1500	3000	25,9	20,72	0,17	5283,60	10567,20
PLOMO - ACIDO	9,36Kwh/68Km	70%	400	800	5,26	3,682	0,52	765,86	1531,71
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	1500	3000	25,9	20,72	0,20	6216,00	12432,00

Cuadro 3.4 con factores que intervienen en la entrega de energía a la red y su costo total

Costo Total para la Recarga		Costo de la Batería (\$)		Costo Total de entrega a la Red		Costo Total de Utilidad	
con min ciclos	con max de ciclos			con min ciclos	con max de ciclos	con min ciclos	con max de ciclos
331,52	663,04	350	680	692,22	1384,43	10,70	41,39
3720,00	7440	1500	3000	5283,60	10567,20	63,60	127,20
414,40	828,8	350	680	765,86	1531,71	1,46	22,91
4650,00	9300	1500	3000	6216,00	12432,00	66,00	132,00

Cuadro 3.5 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red

10) Energía total almacenada por el parque automotor con el número de VEs introducidos anualmente con tipo de batería y sus características específicas con un recorrido de 30km promedio diario con baterías de Litio – ión las cuales presentan rentabilidad de utilidad por sus características y permiten realizar el almacenamiento de energía para ser entregado a la red

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Ciclos Carga / Descarga	kw/h con recorrido de 30Km	Kw/h entregados por PD	Número de VEs x Año	Energía Total x Año en KW/h	Energía Total x Año en GW/h
Littio - ión	30Kwh/210Km	365	25,9	20,72	700	5293960,000	5,294
					2436	18422980,800	18,423
					4224	31945267,200	31,945
					6059	45823005,200	45,823
					7938	60033506,400	60,034
					9856	74538956,800	74,539
					11810	89316668,000	89,317
					13799	104359077,200	104,359
					15820	119643496,000	119,643
					17870	135147236,000	135,147
					19949	150870297,200	150,870
					22054	166789991,200	166,790
					24185	182906318,000	182,906
					26339	199196589,200	199,197
					28516	215660804,800	215,661
					30715	232291402,000	232,291

Cuadro 3.6 Estimación total de Ebergía a ser almacenada por el Parque Automotor de VEs anualmente con Baterías de Littio - ión

Como se muestra en el Escenario 1 se puede realizar el almacenamiento donde claramente se ve que con baterías de Litio – ión resulta más rentable la operación que con baterías tipo Plomo - Ácido las cuales tienen una utilidad positiva con precios muy elevados al precio de consumo es decir el precio de venta deberá ser mucho mayor que

el precio del kw/h consumido. Aunque en el Ecuador se han presentado casos como en la regulación del CONELEC 001 – 11 donde se ofrecieron precios preferenciales para las energías renovables hasta en porcentajes del 496% mayor al precio referencial del kw/h para el kw/h entregado por fuentes renovables. Por lo que se pudiera considerar la entrega de los kw/h entregados por este tipo de Baterías ya que por otra parte en las baterías de Litio – ión resulta más conveniente ya que el precio de entrega deberá ser mayor pero en porcentajes mucho menores que las antes mencionadas ya que estas baterías presentan mejores características propias de cada batería y hacen más rentable la operación de almacenamiento.

A continuación se muestra un Ejemplo con baterías tipo Litio – ión con mayor capacidad de almacenamiento de energía y mayor número de ciclos la cual reduce el costo del Kw/h

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		# Veces/día	Consumo en Kw/h	Csto de 1Kw/h	Costo Total para la Recarga	
							con min ciclos	con max de ciclos
LITIO - ION	30Kwh/210Km	2000	4000	1	31	0,08	4960,00	9920
LITIO - ION	30Kwh/210Km	2000	4000	1	31	0,10	6200,00	12400

Cuadro 3.7 Factores que intervienen en la recarga y su costo total

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Profundidad de Descarga	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		Kw/h entregados por la batería	Kw/h entregados por PD	Csto de 1Kw/h entregado a la Red	Costo Total de entrega a la Red	
								con min ciclos	con max de ciclos
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	2000	4000	25,9	20,72	0,16	6630,40	13260,80
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	2000	4000	25,9	20,72	0,19	7873,60	15747,20

Cuadro 3.8 Factores que intervienen en la entrega de energía a la red y su costo total

Costo Total para la Recarga		Costo de la Batería (\$)		Costo Total de entrega a la Red		Costo Total de Utilidad	
con min ciclos	con max de ciclos			con min ciclos	con max de ciclos	con min ciclos	con max de ciclos
4960,00	9920	1500	3000	6630,40	13260,80	170,40	340,80
6200,00	12400	1500	3000	7873,60	15747,20	173,60	347,20

Cuadro 3.9 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red

En este ejemplo se observa que el precio de lado de la entrega ya no deberá ser superior al 100% del costo de Kw/h de consumo, por lo que facilita realizar la operación con mayor valor de rentabilidad.

3.3.1.2 Escenario 2:

Dentro de este segundo escenario el recorrido máximo diario es de 60Km y se lo realizará solo el tipo de batería Litio-ión, además se utilizaran algunos de los factores utilizados en el escenario 1.

- 1) El número de ciclos de carga/descarga está relacionada directamente por el tipo de batería como se dijo utilizamos baterías de Litio – ión los cuales se encuentra en el rango de 1500 a 3000 ciclos

Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Littio – ión (Li-ión)	1500	10%	1350
		20%	1200
		30%	1050
		40%	900
		50%	750
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Littio – ión (Li-ión)	1500	60%	600
		70%	450
		80%	300
		90%	150
		100%	0
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	≤ 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Littio – ión (Li-ión)	3000	10%	2700
		20%	2400
		30%	2100
		40%	1800
		50%	1500
Batería	# de Ciclos Carga/Descarga	> 50% de # de Ciclos	# de Ciclos
Littio – ión (Li-ión)	3000	60%	1200
		70%	900
		80%	600
		90%	300
		100%	0

Cuadro 3.10 Número de ciclos carga/descarga con Baterías Litio- ión

- 2) El costo del kw/h que haga posible la descarga a la red siendo este \geq al costo de la batería en el tiempo de su vida útil en cuanto al número de veces que puedo realizar la operación de almacenar y descargar la energía sin afectar su funcionamiento y el costo que resulta de esta utilidad.

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		# Veces/día	Consumo en Kw/h	Csto de 1Kw/h	Costo Total para la Recarga	
							# min ciclos	# max de ciclos
LITIO - ION	30Kwh/210Km	1500	3000	1	31	0,08	3720,00	7440
LITIO - ION	30Kwh/210Km	1500	3000	1	31	0,10	4650,00	9300

Cuadro 3.11 Factores que intervienen en la recarga y su costo total

TIPO DE BATERIA	Autonomía en KWh/Km	Profundidad de Descarga	Ciclos Carga/Descarga con 50% de ciclos		Kw/h entregados por la batería	Kw/h entregados por PD	Csto de 1Kw/h entregado a la Red	Csto Total entregados a la Red	
								# min ciclos	# max de ciclos
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	1500	3000	21,73	17,384	0,14	3650,64	7301,28
LITIO - ION	30Kwh/210Km	80%	1500	3000	21,73	17,384	0,14	3650,64	7301,28

Cuadro 3.12 Factores que intervienen en la entrega de energía a la red y su costo total

Costo Total para la Recarga		Costo de la Batería (\$)		Costo Total de entrega a la Red		Costo Total de Utilidad	
con min ciclos	con max de ciclos			con min ciclos	con max de ciclos	con min ciclos	con max de ciclos
3720,00	7440	1500	3000	3650,64	7301,28	-1569,36	-3138,72
4650,00	9300	1500	3000	3650,64	7301,28	-2499,36	-4998,72

Cuadro 3.13 Utilidad Total de Costos de Consumo en la red vs Costos de Entrega de energía hacia la red

Nota: Como se observa las cifras de color rojo muestran que existe un valor negativo al momento de realizar la operación cuando existe mayor recorrido y por lo tanto menor energía para entregar por parte de las baterías lo que nos dice que cuando se tiene recorridos elevados menor será la utilidad que podamos tener al realizar esta operación.

La Energía total en este escenario no se puede realizar, ya que por tener un recorrido mayor al anterior hacen que se utilice mayor cantidad de energía para este recorrido, la misma que resulta menor para entregar a la red disminuyendo en un 30% de la cantidad total de energía que pudiera entregar y haciendo así una operación con costo de rentabilidad negativa para realizar la operación de almacenamiento de Energía. Entonces como se demuestra con mayores recorridos esta operación no será rentable por lo que se puede realizar cuando se tenga recorridos dentro del promedio diario haciendo posible esta operación

3.4 Sistemas para la Descarga del VE (alimentación a la red).

El aporte de energía a la red por parte de los vehículos eléctricos consiste en la transferencia de flujo de energía eléctrica bidireccional controlable entre un vehículo y la red eléctrica. La energía eléctrica fluye de la red al vehículo para cargar la batería. Fluye en la otra dirección cuando la red requiere la energía, por ejemplo, para proporcionar potencia de pico o "reservas de hilatura". Debe señalarse que esta es la forma en que V2G funcionaría si un vehículo tuviera tal capacidad, pero actualmente no hay Vehículos de fabricantes de equipos originales (OEM- original equipment manufacturer) disponibles para el público en general con V2G.

Gracias al sistema V2G, los vehículos eléctricos podrán participar en la operación del sistema incrementado la seguridad del suministro en horas punta, sin embargo esta capacidad requerirá de la implantación de sistemas de comunicación bidireccionales entre los usuarios y el operador del sistema mediante un agregador. El agregador es un nuevo agente del sistema eléctrico que integrará a múltiples usuarios de vehículos eléctricos y que dispondrá de sistemas de comunicación directa con el TSO (Transmission System Operator), con el objeto de dar soporte a los requerimientos de seguridad del suministro, participando en productos o servicios para el operador del sistema, a la vez que se satisfacen los compromisos de servicio con los usuarios de cada vehículo (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas, 2011). Véase figura 3.18



Figura 3.18 Sistema de Comunicación para la descarga de Energía Eléctrica entre el VE y la Red Eléctrica.

Fuente: Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas, España, 2011.

Tal como ya se ha mencionado, los VEs, pueden ser considerados como cargas (Red Eléctrica de España, 2011), que pueden servir para aumentar la generación de las plantas durante los períodos de baja demanda, considerando que la carga de los vehículos se puede efectuar durante la noche.

Por tanto ser una alternativa económica a los generadores convencionales usados para esos casos, más aun considerando que estos se debieran encontrar hipotéticamente distribuidos en los mismos centros de cargas, reduciendo las pérdidas asociadas a la transmisión y distribución; siendo por lo tanto un posible sustituto para las plantas de generación abastecedoras de los picos de demanda del sistema (Denholm y Short, 2006).

Estas constantes descargas de una flota de VEs deberá efectuarse controlada directamente o indirectamente desde un despacho de carga de modo de maximizar el valor económico de los VEs. Por medio de un control directo, desde el sistema se puede enviar una señal hacia un vehículo o un grupo de vehículos. El control directo también puede ser ejecutado, como se mencionó, por medio de un “agregador” de demanda, que correspondería a una empresa que vendería esta demanda agregada al sistema en el mercado eléctrico. Otra alternativa es por medio de un control indirecto, que implicaría

un sistema inteligente de respuesta en tiempo real que se conecte para vender o comprar energía en el momento apropiado (Soto y Díaz, 2009).

3.4.1 Soporte de red

Hay dos categorías principales de soporte para las que V2G puede ser útil. La primera es proporcionar potencia máxima, porque satisfacer las demandas de potencia máxima actualmente es una obligación muy cara para los servicios públicos. Si los Sistemas eléctricos de Almacenamiento del vehículo pudieran cargarse durante las horas pico y luego ser descargadas selectivamente para "afeitar el pico", la empresa podría renunciar a la necesidad de poner en marcha una planta de pico, lo que ahorraría costos de operación y mantenimiento y produciría beneficios ambientales significativos. Las centrales eléctricas de picos se utilizan a veces sólo durante varias horas al año. Las utilidades tienen una capacidad predictiva fuerte para la planificación de la carga máxima (sobre todo durante el verano debido a la carga de aire acondicionado). La capacidad de activar el almacenamiento distribuido, junto con los activos tradicionales de respuesta a la demanda (RD), ofrece una alternativa económica y limpia a los generadores de "plantas de picos" que producen costos y con un uso intensivo de capital. Por lo tanto, el costo-beneficio de un sistema V2G como sustituto de una planta de pico dependerá de la utilidad, región, mezcla de plantas de energía y demanda (Kempton, 2002).

La segunda categoría para el sistema es que proporciona la reserva de operación. La reserva de operación es la capacidad de generación que está disponible para conectarse en un corto tiempo en caso de fallo del generador u otras interrupciones en el suministro eléctrico. Las plantas de reserva de operación requieren tiempos de respuesta rápidos, fuente de alimentación precisa y se usan típicamente para cortas duraciones; Estos criterios coinciden exactamente con las capacidades de los ESS de vehículos Eléctricos. Las empresas de servicios públicos deben tener acceso a las plantas de reserva de operación para las 8,760 horas del año (Letendre y Denholm 2006).

En Febrero de 2010 de Sand National Laboratories (SAND2010-0815) delineó los beneficios y Estimaciones potenciales de mercado para el uso de almacenamiento agregado de energía con la generación a la red eléctrica, Transmisión y distribución. Las aplicaciones de almacenamiento de energía identificadas con las aplicaciones V2G apropiadas:

- Desplazamiento temporal de energía eléctrica
- Capacidad de suministro eléctrico
- Seguimiento de carga
- Regulación de área
- Capacidad de reserva de suministro eléctrico
- Apoyo de voltaje
- Apoyo de transmisión
- Alivio de congestión de transmisión
- Aplazamiento de actualización de transmisión y distribución
- Subestación de potencia local
- Gestión de costos de energía de tiempo de uso
- Gestión de la carga de la demanda
- Confiabilidad del servicio eléctrico
- Calidad de la energía del servicio eléctrico
- Cambio de tiempo de la energía renovable

- Reafirmación de la capacidad de las energías renovables
- Integración de la red de generación eólica.

La lista anterior de aplicaciones potenciales de V2G ilustra el concepto de atractivo para (Eyer y Corey 2010).

3.4.2 Proveedores de servicios de agregador

La participación en los servicios del Vehículo hacia la Red es básicamente una función de la capacidad de almacenamiento mínima requerida, del vehículo y el sistema Eléctrico de almacenamiento y su estado de carga (ESS – SOC), y del tiempo de espera programado para la siguiente operación del vehículo, las tarifas de electricidad y las señales del mercado (por ejemplo, precio, mezcla renovable y regulación). Una batería de un solo vehículo tiene poco impacto en las operaciones de la red, pero cuando hay un gran número de vehículos disponibles, la capacidad total de almacenamiento de la batería aumenta hasta el punto de que puede tener un impacto significativo (Letendre, 2009).

El papel del proveedor de servicios agregador sería gestionar grupos de fuentes de batería para proporcionar el servicio general a la empresa de servicios públicos o el Operador independiente del sistema (ISO) regional. El agregador proporciona un único punto de contacto para gestionar toda la carga / fuente y para garantizar y certificar el nivel de participación. El agregador registra e integra a los participantes, asegura disponibilidad suficiente, pasa señales de control, valida la participación y concilia los flujos de pago para los servicios de mercado. Los proveedores de servicios agregadores también necesitarán tener un cierto nivel de capacidad predictiva para sobredimensionar adecuadamente el grupo de participantes de manera que se puedan garantizar suficientes recursos comprometidos. El sistema necesario para ello requiere que se implementen sofisticados protocolos de comunicación

de dispositivos y mensajería para asegurar que la transferencia de energía hacia y desde la ESS pueda ser controlada y optimizada mediante programación tanto por el propietario del vehículo como por el operador de la red. Las preferencias del propietario del ESS SOC y del PEV para el tiempo y el nivel de SOC mínimo se comunican al agregador para la decisión de la estrategia de control para todos los vehículos que participan en el sistema V2G.

En algunos casos, la empresa no reglamentada puede optar por desarrollar y suministrar servicios de agregación al mercado regional, aunque se espera que, por lo general, corresponda a un tercero independiente con experiencia en redes de comunicaciones y despliegue de aplicaciones de clientes. Específicamente, las siguientes aplicaciones de almacenamiento identificadas (y agrupadas) en el informe Sandia se pueden implementar a través del almacenamiento agregado de los VEs utilizando sistemas V2G, las cuales se detallan a continuación (Sandia National Laboratories, 2014):

- Alimentación eléctrica
 - Desplazamiento del tiempo de energía eléctrica
 - Capacidad de suministro eléctrico
- Servicios auxiliares
 - Seguimiento de carga
 - Regulación de la zona
 - Apoyo de tensión
- Servicios a la demanda del usuario final
 - Gestión del coste energético de la hora de uso
 - Gestión de la carga de la demanda

- Integración de generación renovable
 - Tiempo de energía renovable
 - Reafirmación de capacidad renovable
 - Integración de la red de generación de vientos.

CAPITULO IV

Cálculos de la Demanda Eléctrica de los VEs en el Sistema.

4.1 Definición del área de estudio

El área de estudio para este análisis será el Alimentador 0821 que pertenece a la S/E08 y se encuentra dentro de la zona 3 del área de concesión de la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A, cubriendo la zona noroeste de la ciudad de Cuenca como se muestra en la figura 4.1. El alimentador 0821 está constituido por 91 transformadores monofásicos, 175 transformadores trifásicos, 3037 Luminarias, con 6.57 km de red monofásica y 32.77km de red trifásica en Media tensión. En cuanto a la red de Baja tensión, el alimentador tiene 29,06 km de red monofásica, 15.25 de red bifásica, 48.39 en red trifásica. En acometida monofásica tiene 32.34 km, acometida bifásica 7.34km y acometida trifásica 25.01 km. Este alimentador sirve a 7892 clientes con 6667 puntos de carga.



Figura 4.1 Extensión del Alimentador 0821 de la Empresa Eléctrica Centro Sur C.A

Fuente: Empresa Eléctrica Centro Sur C.A.

4.2 DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL

En general, el comportamiento de la demanda eléctrica está marcado por la cantidad de potencia y el horario de consumo, del tipo de consumidores correspondiente: residencial, comercial, industrial y alumbrado público. Cada uno de estos grupos de consumo tiene un número de clientes, el cual se ha venido incrementando con respecto a años anteriores. En lo referente al comportamiento diario de la demanda, la categoría que marca la curva de demanda diaria es la categoría residencial seguida de la categoría industrial, lo que establece que la demanda punta se produzca en el horario entre las 19h00 y 22h00, la demanda media comprende de 06h00 a 17h00 y de 23h00 a 24h00, y la demanda mínima entre las 01h00 y 05h00. Como referencia la figura 4.2 indica las curvas de carga del S.N.I. para un día laborable (lunes) para uno semi laborable (sábado) y para un día festivo (domingo). La potencia se expresa en por unidad (p.u.) de la máxima del día laborable (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

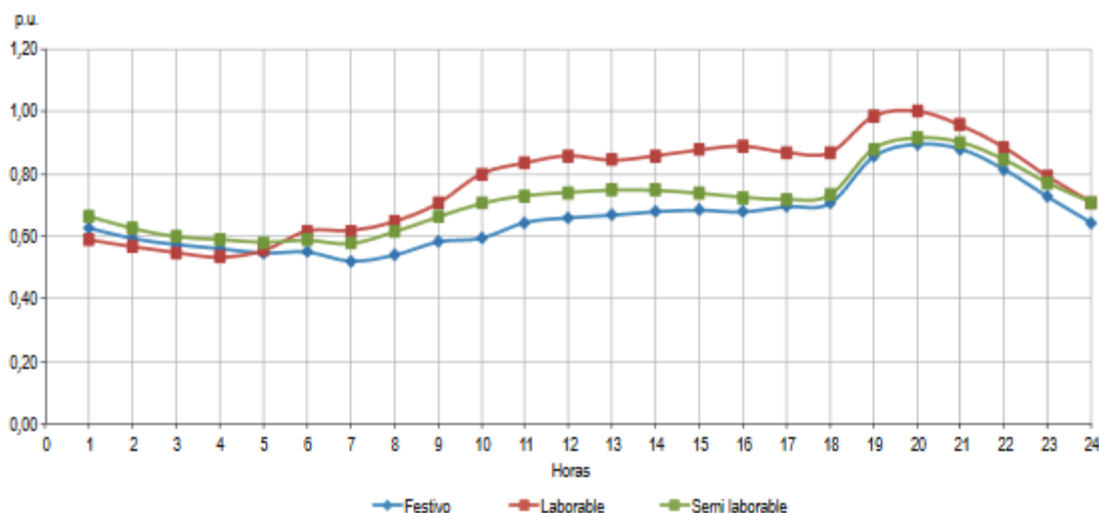


Fig 4.2 CURVA DE DEMANDA DIARIA NACIONAL

Como se puede ver la demanda de los días laborable y festivo mantiene similar comportamiento, aunque con diferencia en los valores de potencia, mientras que la curva del día semi laborable se encuentra en medio de las dos curvas anteriores. Además, la demanda en el día semi laborable y del día festivo coincide con la demanda máxima a VELEZ SANCHEZ. J

las 20 horas, mientras que la demanda del día laborable se encuentra un 10% por arriba de las demandas antes mencionadas a esa misma hora.

Es muy importante analizar la curva de carga del sector residencial, para poder así determinar su comportamiento de consumo en el cual se aprecia que el mismo comienza a generarse desde las 08:00 de la mañana hasta 19:00 de la noche en que empieza a decaer; este comportamiento se resume en la figura 4.3

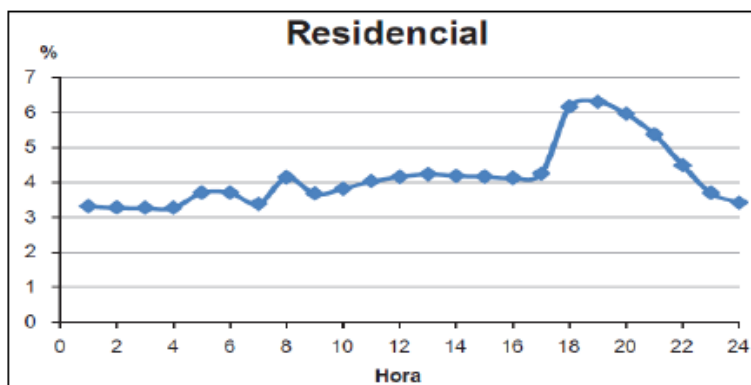


Figura 4.3 Curva de Carga del sector Residencial
Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, 2015

En la figura 4.4 se aprecia el sector comercial genera una mayor actividad en el consumo energético ya que la energía comienza a generar una demanda desde las 6:00 de la mañana y se mantiene con una mayor demanda hasta pasadas las 19:00 en que se reduce.

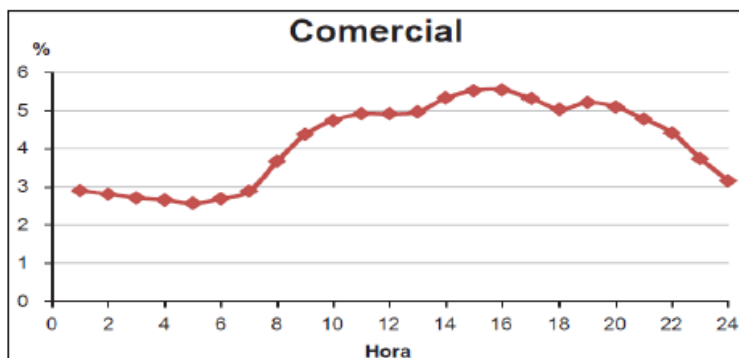


Figura 4.4 Curva de carga del sector Comercial
Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, 2015

Mientras que en el sector industrial, la curva de demanda empieza a desarrollarse desde las 01:00 de la madrugada y varía progresivamente demostrando aumentos de la demanda energética con relación a las horas de operación en donde la demanda máxima llega hasta las 18:30 de la tarde y luego empieza a decaer.

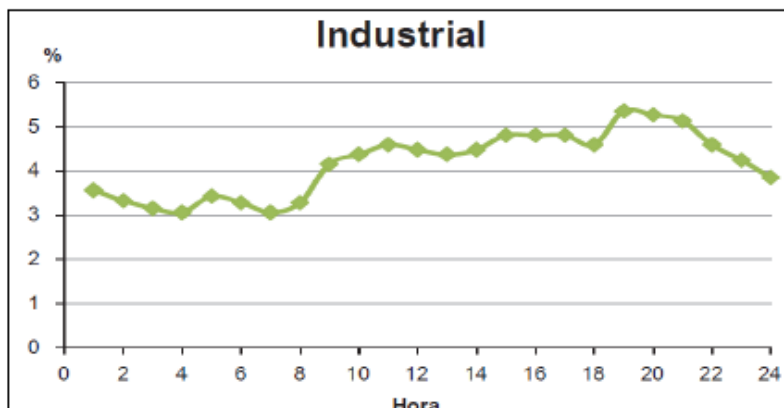


Figura 4.5 Curva de Carga del sector Industrial
Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, 2015

Para el análisis del presente trabajo, se utilizará como referencia la curva de demanda mostrada en la figura 4.6, misma que presenta el consumo diario de la ciudad de Cuenca. Más adelante en este capítulo, se detallará el análisis, dado que el alimentador a estudiar es el 0821 que cuenta con una curva propia que presenta el comportamiento de la figura 4.7.

4.3 Cálculos de la Demanda proyectada (metodología).

El vehículo eléctrico como nuevo consumidor y eventual proveedor de energía eléctrica, puede convertirse en un factor importante para operar de forma más eficiente el sistema eléctrico, permitiendo reducir las grandes diferencias que se producen entre los periodos de mayor y menor consumo eléctrico y apuntalando los beneficios que traen las energías renovables, en particular la hidroelectricidad que es la fuente dominante en nuestro país.

Por este motivo es imprescindible que para una mejor operación del sistema, la demanda pico de energía diaria se desplace hacia las horas de menor consumo. Esto se puede lograr desarrollando políticas para motivar una recarga lenta nocturna del vehículo eléctrico debido a que son horarios donde no se demanda energía dando lugar al aplanamiento de la curva de demanda. Por ejemplo de optarse por la utilización de vehículos eléctricos en Cuenca, se debe determinar el potencial energético demandado y tratar de modificar (“aplanar”) el comportamiento de la curva de demanda de la ciudad mostrado en la figura 4.6

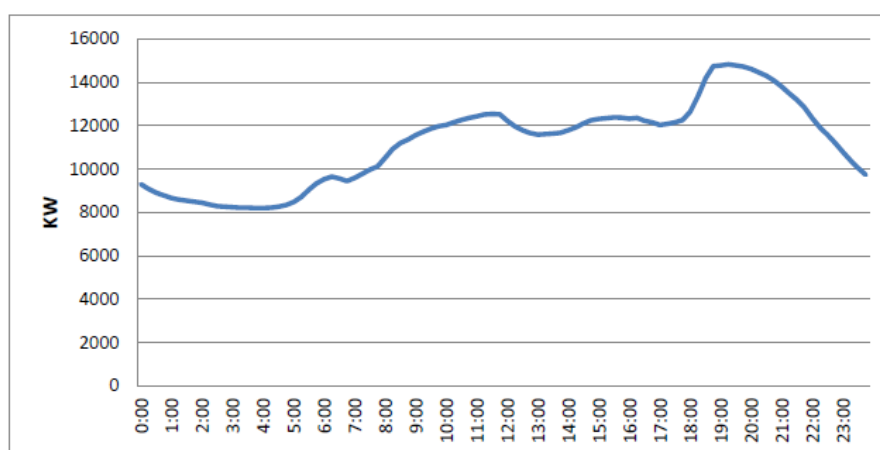


Figura 4.6 Curva de Demanda Diaria de la ciudad de Cuenca

Fuente: Empresa Eléctrica Centro Sur, 2015

Siendo el índice de penetración de vehículos eléctricos en el parque automotor un tema que depende de muchas variables (económicas, institucionales, de mercadeo, etc.), este estudio trabajará en base a escenarios o perfiles incrementales.

4.3.1 GENERACIÓN DE LOS PERFILES INCREMENTALES

Para definir los perfiles incrementales se debe tomar en cuenta diferentes parámetros de control que se modificarán en función del escenario: la forma de la curva de carga, el

grado de integración de los vehículos eléctricos, potencia de recarga, recorrido diario, tiempo de recarga (Mateo, 2010).

- **Forma de la curva de carga**

La curva de carga se caracteriza por las demandas de un consumidor típico de un sector de consumo identificado en la estructura tarifaria.

- **Grado de integración de los vehículos eléctricos**

Para desarrollar un modelo de integración de automóviles eléctricos al Sistema Eléctrico es necesario considerar lo siguiente:

- **Necesidades de infraestructura**, para determinar si las redes existentes cumplen con los requisitos requeridos para la penetración de vehículos eléctricos.
- **Incentivos gubernamentales**, se debería desarrollar políticas de Estado que incentiven la adquisición y comercialización de VE; además se podría eliminar los aranceles de forma permanente para este tipo de automotores. Por ejemplo un incentivo muy importante para el uso de estos sería *“que no tengan pico y placa”*, siendo así una forma interesante de contrarrestar de una manera significativa el mayor costo de la inversión que deben hacer los ciudadanos para comprarlos (Circutor, 2011).

- **Potencia de recarga**

Para propósitos de estudio la potencia óptima por cargador se ha definido en 3,6 kWh en domicilios, con un amperaje de 16 A/127-220V; necesitando así una conexión monofásica o trifásica.

- **Recorrido diario**

Se asumirá que no existe infraestructura para recargar vehículos eléctricos en el país, es decir que solo se podrá recargar en los domicilios. Por lo cual el margen de

autonomía llegaría hasta 170km (Guía del vehículo eléctrico, 2010); es decir esta investigación está limitada para vehículos que circulen dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cuenca.

- **Tiempo de recarga**

Esta variable está ligada expresamente a la relación entre la capacidad de almacenamiento de la batería del VE y la potencia máxima disponible en nuestros hogares. Para este análisis se ha considerado un tiempo aproximado de 5h a 8h.

4.3.2 ESCENARIOS DE ESTUDIO

Los escenarios permitirán caracterizar los posibles efectos que pueden darse en el sistema de distribución una vez incorporado un parque automotor eléctrico. Para seleccionar estos escenarios se ha tomado en cuenta las curvas de carga del área de estudio, esto es el alimentador 0821 de la ciudad de Cuenca perteneciente a la Empresa Eléctrica Centro Sur, y se tomarán algunos de los perfiles que relacionan directamente el incremento en la demanda como son:

- 1) **Forma de la curva de carga:** Esta curva de carga se caracteriza por las demandas de un tipo de sector y consumidor en este caso la curva del alimentador 0821 es de tipo residencial.

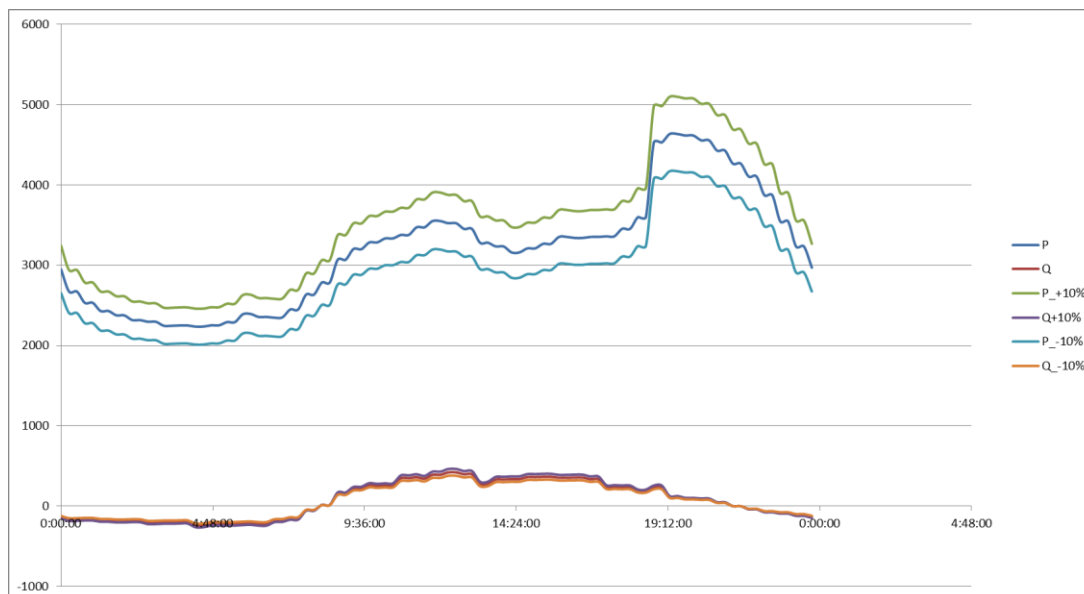


Figura 4.7 Demanda de Energía del Alimentador 0821 en los días de lunes a viernes

Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, 2016

En la figura 4.7 se muestra el comportamiento que tiene el alimentador 0821 de tipo residencial, con un pico máximo de potencia P (en Kwh) a partir de las 19 horas con una duración de dos horas, a partir de lo cual presenta una reducción súbita partiendo desde las 22 horas hasta las 06 horas del día siguiente. Este comportamiento es casi constante hasta las 08 horas empezando con un pequeño incremento a partir de las 09 horas teniendo un segundo pico a partir de las 12 horas hasta las 13h:30 aproximadamente, luego muestra pequeñísimas variaciones de incremento hasta llegar nuevamente a la hora pico (19 horas).

- 2) **Grado de integración de los vehículos:** la integración de vehículos es un factor muy importante en el análisis del incremento de la demanda ya que representa en si la demanda necesaria para cubrir las necesidades que exigiría el nuevo parque automotor que se conectará en el área de estudio.

Para nuestro caso de estudio se asumen las cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), número de vehículos por cada mil habitantes, que en el caso de la ciudad de Cuenca es de 231 vehículos donde:

El número de habitantes en la ciudad de Cuenca es de 591996 aproximadamente a la actualidad, con lo cual se tendrían 136.521 vehículos. Por otro lado, el parque automotor de la ciudad comprende el 7% de los 1'958.000 Vehículos livianos en Ecuador, que corresponden a 137.060 vehículos circulando en Cuenca.

Entonces, para el caso específico del alimentador 0821, se tiene:

$(\text{Número de habitantes} / \text{mil habitantes}) \times 231 (\text{número de vehículos} / \text{mil habitantes}) =$
 $(8000/1000) \times 231 = \mathbf{1848}$ vehículos en el área de estudio como valor máximo a ser conectado a esta red.

- 3) **Potencia de Operación:** Es la potencia que se requiere para recargar a la batería y, eventualmente la potencia que puede entregar la batería a la red eléctrica.
- 4) **Recorrido Diario:** Se ha tomado un recorrido promedio diario de circulación de vehículos de uso particular en la ciudad de Cuenca que es de 31,5 km; (Carpio, Fajardo, Heredia & Pizarro, 2010). Este recorrido puede estar basado en las actividades cotidianas como: recorridos a domicilio, escuela-colegio-universidad, supermercado, iglesia, trabajo y otros.
- 5) **Tiempo de Recarga:** se ha tomado como referencia que la recarga se la realizaría en los lugares residenciales con una duración de entre 5h – 8h. En concordancia a los patrones determinados en países europeos presentados en la Figura 4.8, se puede considerar que siempre al final del día los VE se conectarán en el lugar de residencia del propietario para realizar un proceso de carga lenta durante las horas nocturnas (similar a la costumbre de llegar al hogar y cargar el teléfono celular). Dado los patrones de la Figura 4.8, se considera para el presente análisis que los automovilistas

preferirán la carga lenta en horas que no sean las de mayor demanda eléctrica (Downing y Ferdowsky, 2010).

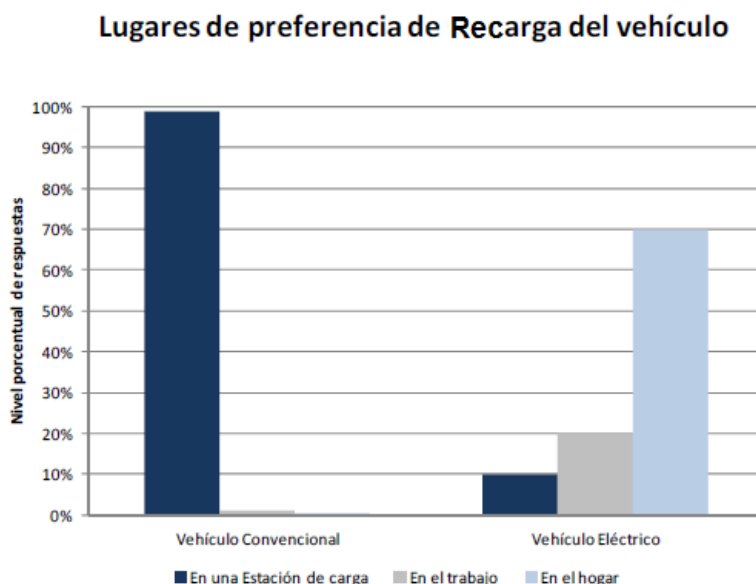


Figura 4.8 Lugares de preferencia para la Recarga de los Vehículos Eléctricos
Fuente: Downing y Ferdowsky, 2010

6) Horario de Entrega de energía a la red: Este horario se ha considerado en las horas de mayor consumo del sistema (horas pico o punta) en las cuales se realizará el aporte de energía desde las baterías hacia la red para tratar de aplanar la curva de demanda; en nuestro caso será desde las 19h00 a 21h00.

4.3.3 RESULTADOS

En base a los criterios presentados en el punto anterior, se ha procedido a determinar las curvas de demanda con la incorporación de los VEs. Para la obtención de estas nuevas curvas se tomaron datos como los dos tipos de baterías más utilizadas en los VEs actualmente las cuales contienen el mayor número de ciclos de carga/descarga que son las de Plomo – ácido y las de Litio – ión; además se tomó porcentajes de introducción de vehículos eléctricos en la área de estudio con valores de 10% y 50% de un total de 1848

VELEZ SANCHEZ. J

vehículos que tendría la red analizada. En estas curvas se tomó en cuenta que solo podrán conectarse pasado las 22horas que serán las horas de consumo y a su vez para el horario de entrega a partir desde las 19horas hasta las 22 horas para así contribuir al aplanamiento de la curva como se muestra en las siguientes figuras.

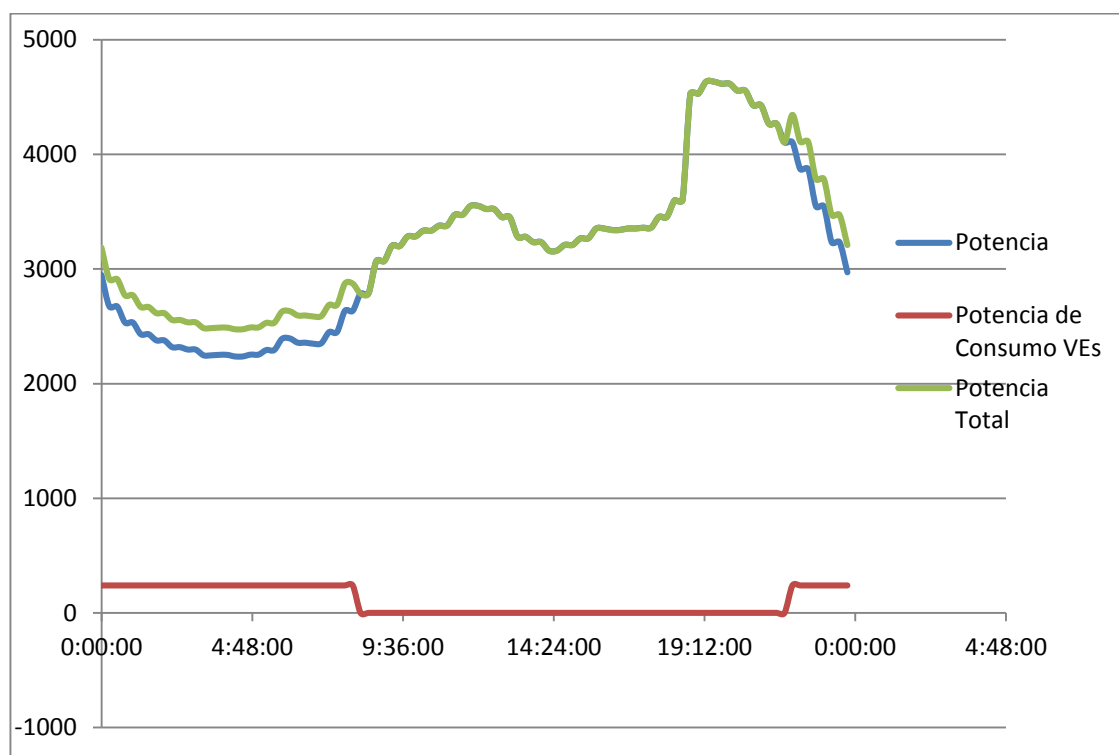


Figura 4.9 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Plomo - Ácido
Fuente: Autor

En la figura 4.9 se muestra que con la introducción del 10% de VEs, el alimentador no sufre ninguna afectación en cuanto a sobrecargas ni alteración en sus picos sino más bien que ayuda al aplanamiento de la curva pudiendo sumarse esta nueva carga desde las 22h00 en adelante hasta las 08h00.

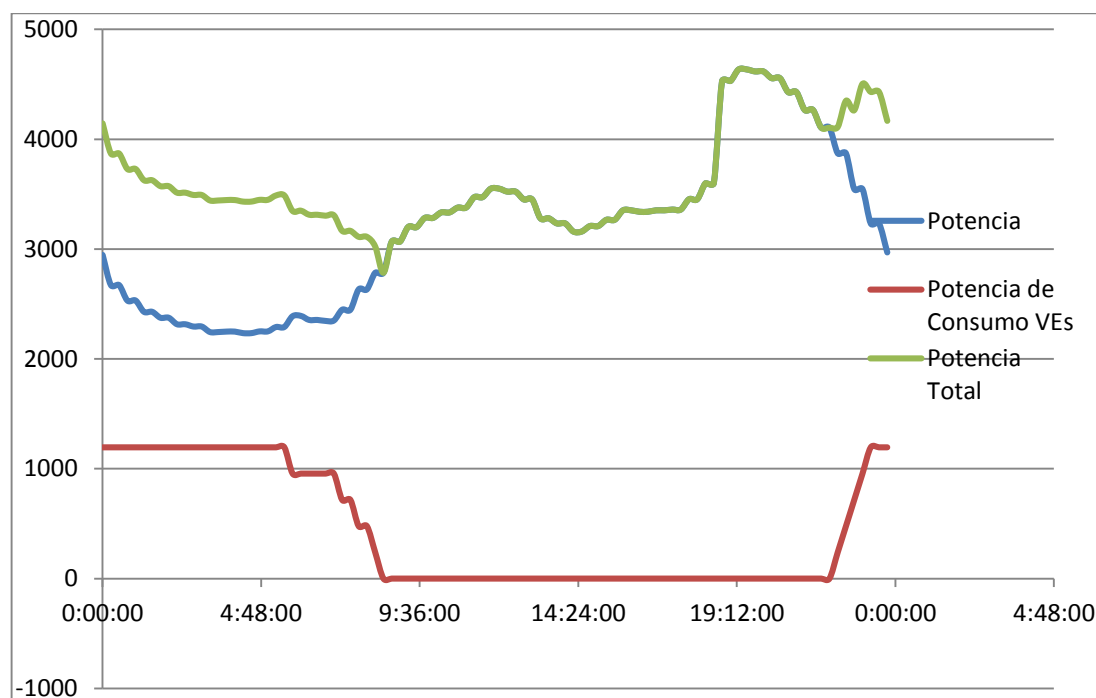


Figura 4.10 Curva de Demanda con 50% de Introducción de VEs con baterías de Plomo - Ácido
Fuente: Autor

En la figura 4.10 se muestra el comportamiento de la curva con una introducción del 50% de VEs (baterías Pb-ácido) como carga que asumirá el alimentador desde las 22h00 hasta las 08h00 obteniendo un valor que no afecta en su forma a la curva de demanda del alimentador (valor pico), teniendo en cuenta que este alimentador está diseñado para una carga inferior a los 5 MW. Es decir no se busca hacerle sufrir cambios en cuanto a los valores pico ni superar la potencia para la cual fue diseñado el alimentador sino, como se ha mencionado, tratar de aplanar la curva, teniendo un incremento exponencial al momento de conectarlos desde el 0% de VEs (22h00) hasta llegar al 50% (06h00) y mostrando un valor descendente de VEs que se irán desconectando de la red hasta llegar las 08h00.

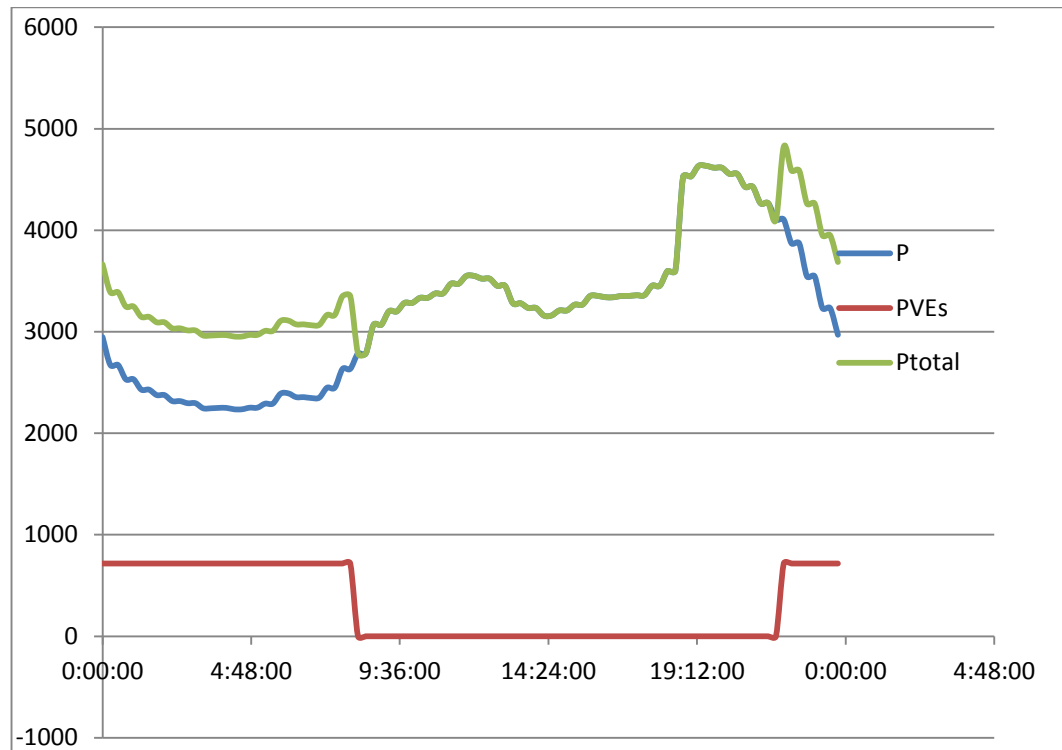


Figura 4.11 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Litio - ión
Fuente: Autor

En la figura 4.11 se puede ver claramente que con una introducción de VEs con baterías de tipo Litio-ión casi ya se puede alcanzar a aplanar la curva en horas de la madrugada y alcanzar el pico de demanda del alimentador pasadas las 22h00. Así mismo con una introducción de forma ascendente desde el 0% hasta alcanzar el 10% de VEs conectados a la red desde las 22h00 hasta las 08h00 donde son desconectados de la red.

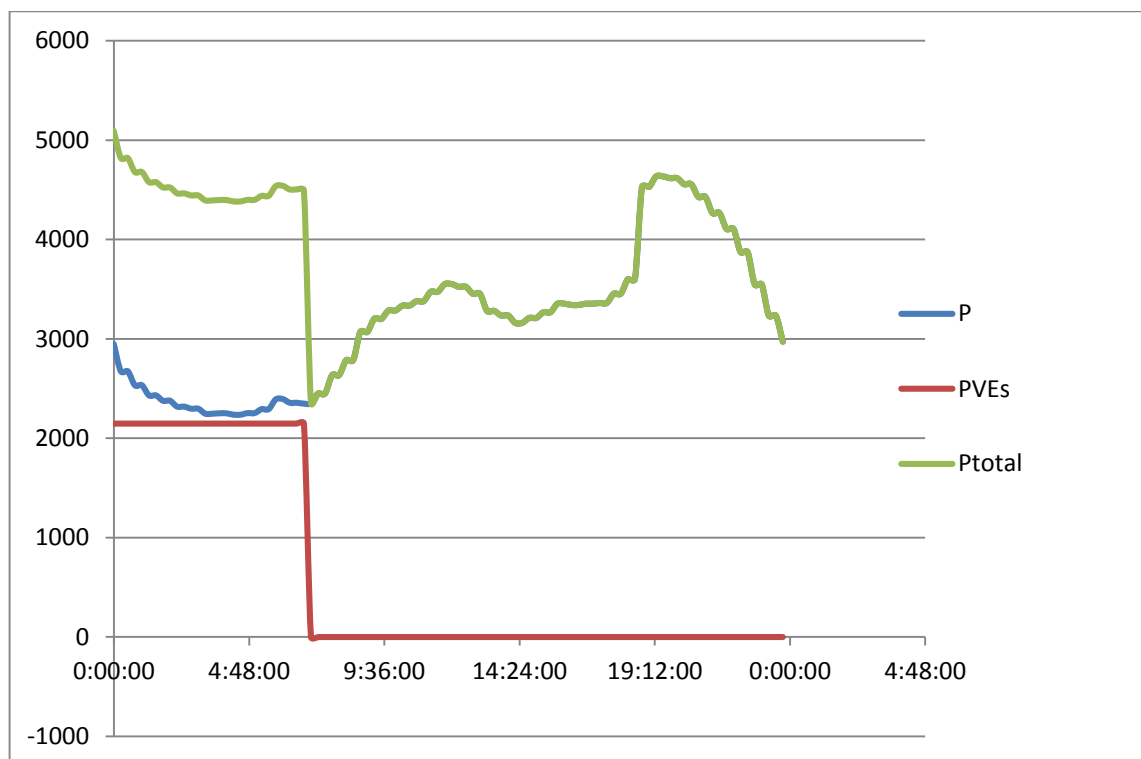


Figura 4.12 Curva de Demanda con 30% de Introducción de VEs con baterías de Litio - ión
Fuente: Autor

En la figura 4.12 se puede observar que ya con un 30% de VEs que posean baterías de litio-ión conectados a la red del alimentador estudiado este ya sufre un gran cambio con valores que bordean los 5MW. Es decir, el índice de penetración en alimentadores de tipo residencial estaría en el orden del 30% como valor máximo ya que con un mayor incremento del número de VEs el alimentador colapsaría, además alterando notablemente el comportamiento de la demanda con cambios drásticos que afectan al sistema y más aún si estos estuviesen conectados a partir desde las 22h00. Con este porcentaje de introducción de VEs solo se pudiera realizar la recarga de los mismos a partir de las 00h00 donde el pico no sobrepasaría su capacidad de diseño.

Por otro lado, en las siguientes figuras se muestran las nuevas curvas de demanda considerando el aporte de energía desde los VEs con diferentes porcentajes de aporte a la red.

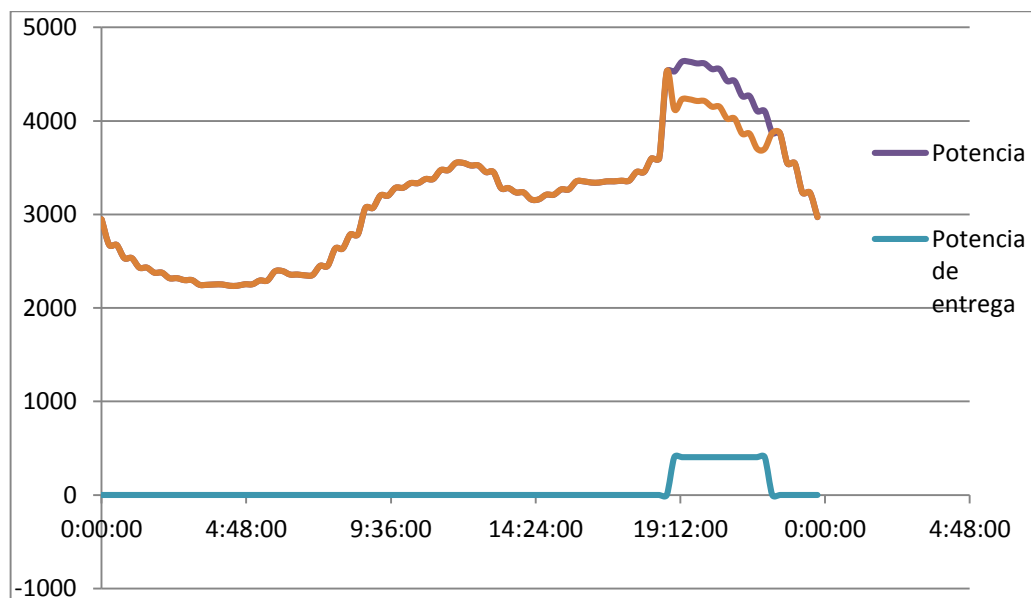


Figura 4.13 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Plomo - Ácido
Fuente: Autor

En la figura 4.13 Se muestra el aporte de potencia con una introducción de VEs del 10% con baterías tipo plomo-ácido desde las 19horas hasta las 22horas ayudando a minorar o mejorar el pico que se genera en ese tiempo en la curva de demanda.

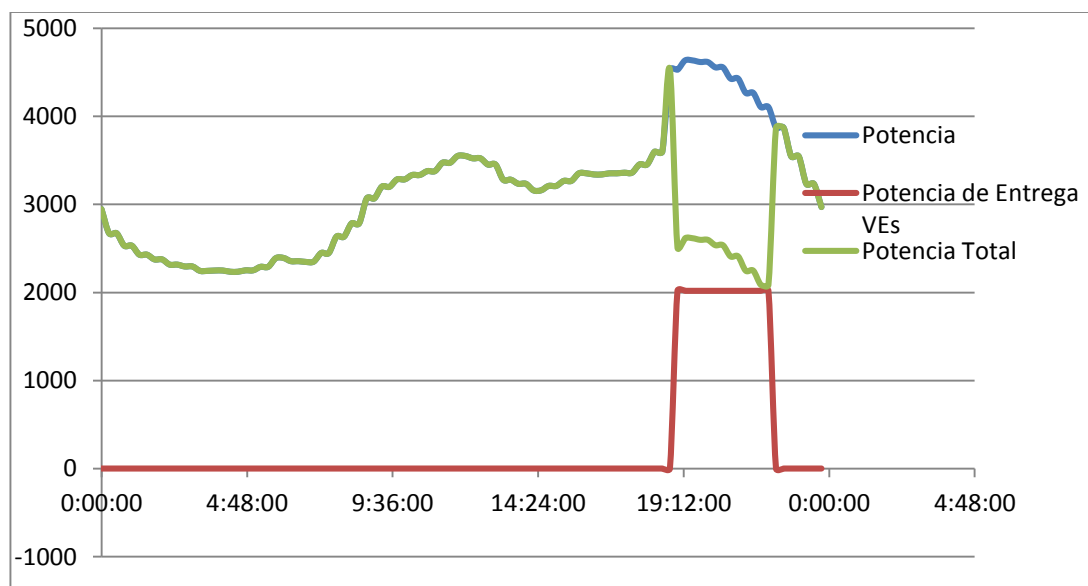


Figura 4.14 Curva de Demanda con 50% de Introducción de VEs con baterías de Plomo - Ácido
Fuente: Autor.

En la figura 4.14 se ve que con una introducción del 50% de VEs con baterías tipo plomo-acido se puede reducir el pico de la curva de demanda del alimentador por lo que sufre un cambio bastante drástico, pero que durante esas horas la mitad de la demanda del alimentador podría ser suplida fácilmente solamente con VEs notablemente.

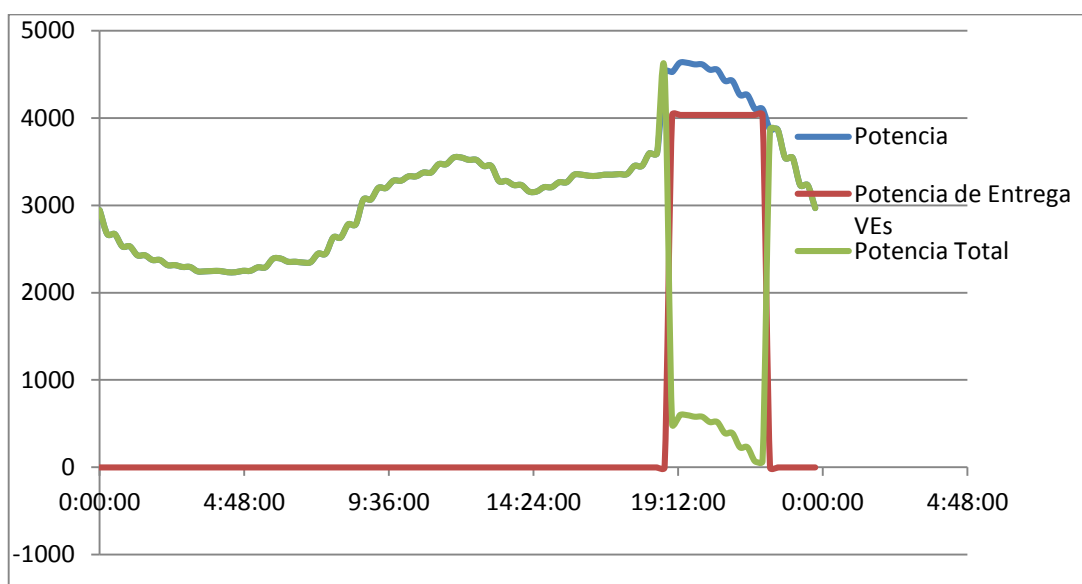


Figura 4.15 Curva de Demanda con 100% de Introducción de VEs con baterías de Plomo - Ácido

Fuente: Autor

En la figura 4.15 vemos una introducción del 100% de VEs con baterías tipo plomo -acido conectados a la red los cuales pueden satisfacer totalmente la demanda del alimentador en esas horas (19h00 a 22h00). Sin embargo, la curva de demanda caería por debajo de los mínimos originales, lo cual ameritaría un análisis técnico más profundo, que escapa del alcance de este estudio.

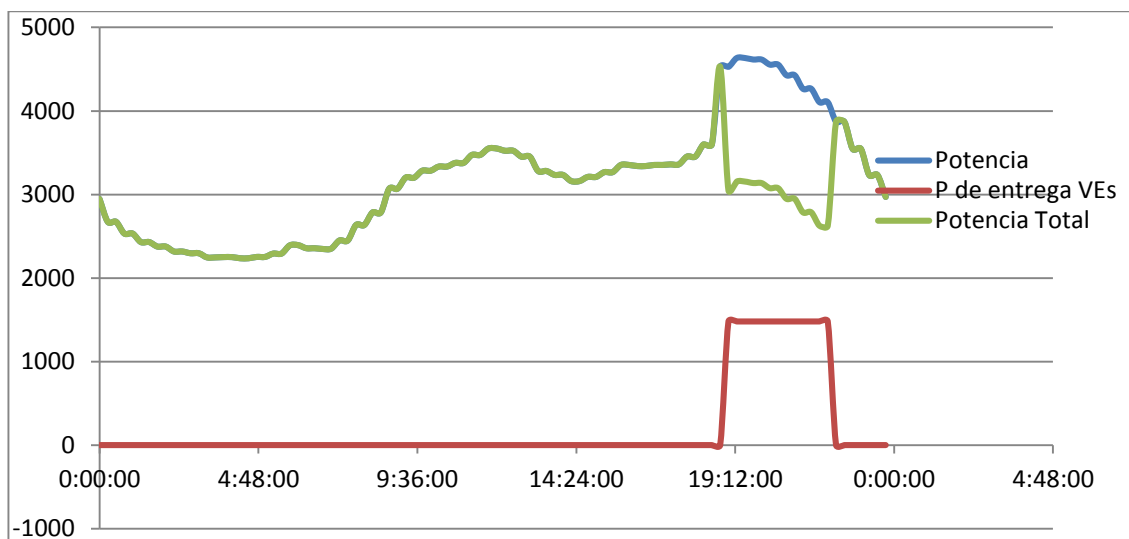


Figura 4.16 Curva de Demanda con 10% de Introducción de VEs con baterías de Litio - ión
Fuente: Autor

En la figura 4.16 con el aporte del 10% de VEs con baterías de tipo litio-ión se puede ver que la demanda se minora considerablemente en mayor cantidad en comparación al otro tipo de batería con el mismo número de VEs introducidos, siendo un aporte importante para aplanar la curva de demanda del alimentador.

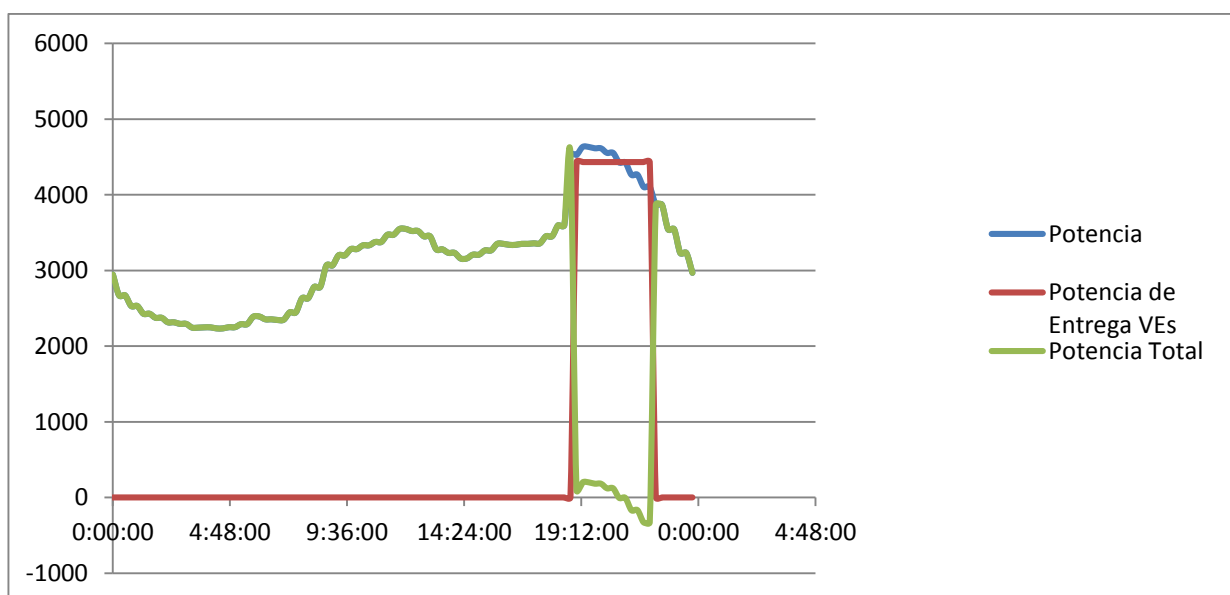


Figura 4.17 Curva de Demanda con 30% de Introducción de VEs con baterías de Litio - ión
Fuente: Autor

En la figura 4.17 se muestra el aporte del 30% de VEs con baterías de tipo litio-ión el cual ya satisface totalmente la demanda que el alimentador presenta en esas horas. Es decir, tan solo un 30% de VEs con este tipo de baterías equivale al 100% de VEs con baterías Pb-ácido, para satisfacer en su totalidad la demanda del alimentador en las mismas horas de demanda.

Los resultados en las nuevas curvas de demanda presentadas muestran una gran diferencia entre los VEs con baterías de Plomo-ácido en comparación con aquellos con baterías de Litio-ión, lo cual incide directamente en el número de vehículos a integrar a la red de distribución en la cual están siendo conectados. La alimentación desde la red a la gran nueva carga se la realizaría únicamente en horas donde la demanda es muy baja. Para el caso de entrega de energía desde los VEs se aprecia claramente que éstos contribuirán de forma positiva al momento de hacerlo en las horas picos siendo los únicos aportantes de energía que se conecten a esas horas para así mejorar la forma de la curva de demanda y a su vez mejorar la calidad de la energía. Si bien esto podría ser de gran ayuda en los sistemas de distribución, es necesario un análisis técnico más profundo sobre otros impactos como producción de armónicos y reconfiguraciones de las redes.

4.4 Impactos en la Red de Distribución seleccionada

El impacto de la conexión de los VE en los requerimientos de potencia dependerá de la zona de estudio. Por medio del modelo propuesto en esta tesis se puede determinar la cantidad de vehículos que por día deberán realizar un proceso de carga de sus baterías en una zona determinada. Los eventuales impactos de la introducción de VEs en una red dada (alimentador), dependen de la ocurrencia de algunos de los siguientes factores:

- Una alta concentración vehicular, lo cual depende de las características de distribución del parque vehicular de la ciudad, nivel de ingreso, uso de transporte público, etc.

- Un gran número de vehículos que realizan una zona de destino frecuente o diaria de viajes largos dentro o fuera de la ciudad necesitarán más de una recarga al día sin considerar la hora establecida para su recarga diaria por lo que afectarán la carga en la red al ser conectado varias veces alterando la demanda en diferentes horarios (SECTRA, 2006).
- Una coincidencia de los momentos de conexión de los vehículos con los máximos de demanda de las redes a las que se conectan.

4.4.1 Impacto en la reconfiguración de las redes en función del Escenario de Inserción de los vehículos eléctricos

Conociendo la potencia y los aumentos de demanda máxima en las curvas de carga del alimentador de la zona de estudio, se debe analizar el impacto de estos niveles de potencia en los requerimientos de reconfiguración de la red eléctrica, debidos a la introducción de VEs. Para esto, se debería considerar:

- La potencia máxima de operación del alimentador sea muy cercana a la potencia máxima de diseño, lo que se traduce en un pequeño margen posible de variación de potencia antes de ser necesaria la reconfiguración.
- Si el factor de la carga (que es la relación entre la carga promedio y la carga "pico") de los VEs es alto o no, considerando que este factor es el que determina la cantidad de VEs que se conectan al alimentador en cuestión.
- Si la autonomía de los vehículos no es suficiente como para despreciar el componente de carga rápida. Tal como se ha visto en algunos vehículos de autonomías inferiores a los 60Km, dada las características de circulación del parque vehicular de la ciudad,

el tiempo de recarga rápida es menor a 30 minutos, los efectos de la carga rápida no son significativos (Guía de Movilidad Eléctrica Española, 2012).

- Y sobre todo, según el tipo de consumo del alimentador, sin considerar existencia de VEs, lo que condiciona los momentos de máxima potencia del propio alimentador.

4.4.1.1 DISEÑO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Para establecer la capacidad de los transformadores de distribución correspondiente a cada uno de los centros de transformación, se determina la Demanda de Diseño (DD), que depende del número y tipo de usuarios alimentados a partir del mismo. La capacidad del transformador requerida, viene dada por la ecuación:

$$kVA(t)=DD \times (\%)+DMDCE$$

Siendo, DD la demanda de diseño, (%) el porcentaje de acuerdo al tipo de usuario y DMDCE la demanda máxima diversificada correspondiente a cargas especiales, en caso de existir (Empresa Eléctrica Quito, 2014).

Los porcentajes para los diferentes tipos de usuarios se indican a continuación en la Tabla 4.1

Tabla 4.1 Factores de dimensionamiento de Acometidas

USUARIO TIPO	PORCENTAJE (%)
A y B	90
C	80
D y E	80
Comerciales e Industriales	90

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Norma A para Sistemas de Distribución

➤ CAPACIDADES NORMALES

A continuación se da a conocer la potencia nominal de los transformadores de distribución, referidos por la Norma A de la Empresa eléctrica Quito S.A (ver Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Potencia nominal de Transformadores de Distribución

VOLTAJE NOMINAL		N° FASES	POTENCIA NOMINAL(KVA)
MV (KV)	BV (V)		
6.0	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
6.0	240/120	2	5;10;15;25;37.5;50
13.2	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
13.2 GRDY/7,62	240/120	1	5;10;15;25;37.5;50
22.8	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
22.86 GRDY/13.2	240/120	1	5;10;15;25;37.5;50

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, "Norma A para Sistemas de Distribución"

Por otro lado, si bien el objetivo de la tesis no es analizar a profundidad el efecto de la introducción de los VEs sobre la calidad de la energía en la red de distribución, es importante tener presente que esta nueva tecnología va a incidir en la red particularmente en lo relacionado a la distorsión por armónicos.

4.4.1.2 DISTORSIÓN ÁRMONICA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La tensión que se suministra a los usuarios desde una red de distribución y la corriente resultante de sus equipos deberían ser ondas senoidales perfectas de 60 Hz de frecuencia, sin embargo, las no linealidades presentes en el Sistema de Distribución y en las cargas de los usuarios, causan distorsión en las formas de onda de tensión y corriente. Las cargas no lineales producen corrientes no senoidales, es decir con alto contenido de armónicos; a pesar de que se alimenten de una tensión senoidal pura (Bass y Harley, VELEZ SANCHEZ. J

2001). La distorsión de la corriente provoca la distorsión de la tensión cuando fluye por las impedancias de la red eléctrica. Las principales causas de la producción de armónicos son las siguientes:

- Distorsión debida a la saturación magnética de materiales.
- Configuración geométrica de máquinas eléctricas.
- Comportamiento no-lineal de las cargas, es decir, comportamiento de interrupción periódica repetitiva en circuitos eléctricos.

Desde el punto de vista técnico, los armónicos producen una serie de efectos negativos, que se resumen en lo siguiente:

- Incremento de pérdidas en la red eléctrica y equipos.
- Disminución de la vida útil de los equipos.
- Pérdida de la calidad y de la confiabilidad del sistema eléctrico.

Los cargadores de batería usados en los VEs son cargas no lineales que inyectan armónicos en la red de distribución en la cual estén conectados. La cuantificación de la distorsión armónica global y su impacto en el rendimiento de las instalaciones también debe ser analizada con el fin de evitar que la estrés de la distribución de energía (Trovão, Pereirinha, and Jorge, 2011). Dentro de un cargador de baterías vale la pena analizar el impacto de uno de sus principales componentes como es el rectificador.

4.4.1.2.1 ARMÓNICOS CAUSADOS POR RECTIFICADORES

La magnitud y la frecuencia de las perturbaciones armónicas dependerán de la estructura del rectificador y su número de pulsos “p”. Si un rectificador simétrico se alimenta de una fuente de corriente ideal, el orden de los armónicos de corriente serían los siguientes:

$$h=k.p\pm 1,$$

Donde $k=1, 2, 3, \dots$ y las respectivas amplitudes de cada armónico se dan por la siguiente ecuación:

$$I_{cH}=I_{c1}/h$$

En la siguiente tabla se muestra la distribución teórica de la amplitud de cada función armónica de la frecuencia fundamental para rectificadores monofásicos y trifásicos. (Trovão, Pereirinha, Trovão, and Jorge, 2011).

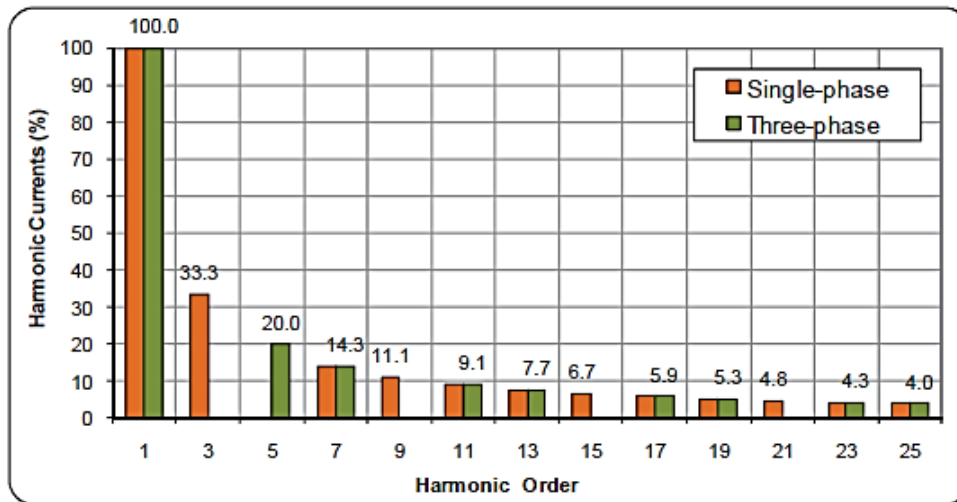


Figura 4.18 Distribución espectral armónica de la corriente absorbida por rectificadores monofásicos y trifásicos.

Fuente: Trovão, Pereirinha, “Caracterización de cargadores de vehículos eléctricos, 2011.

Dependiendo del tipo de cargador, estos sistemas pueden producir una diferenciación de la distorsión armónica. Las perturbaciones producidas por los armónicos varían según la carga y puede alcanzar valores mucho más altos cuando se trata de cargas capacitivas predominantemente.

VELEZ SANCHEZ. J

4.4.1.3 CUANTIFICACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

La distorsión armónica es una forma de contaminación de la Red de Distribución eléctrica susceptible de generar problemas a través de la suma de las corrientes armónicas (Ramírez, 2008). Los indicadores cuantitativos utilizados para examinar la calidad de forma de onda son los valores de la amplitud de la descomposición de la serie de Fourier trigonométrica, es decir, los valores armónicos (X_k) del orden k ,

$$X_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$
$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \cos k\omega t \, dt,$$
$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \sin k\omega t \, dt,$$

donde $k = 0, 1, 2, \dots$, $\omega = 2\pi f$ y f es la frecuencia del sistema. X_1 es el valor de la frecuencia fundamental (IEC, 2003).

Para caracterizar el nivel de la distorsión armónica en la red eléctrica a través de la distorsión armónica total (THD), que cuantifica el valor efectivo de la distorsión armónica, de acuerdo con la norma IEEE Standard, como se expresa en la siguiente ecuación (Duffey and Stratford, 1989).

$$THD_X = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{X_k}{X_1}\right)^2}$$

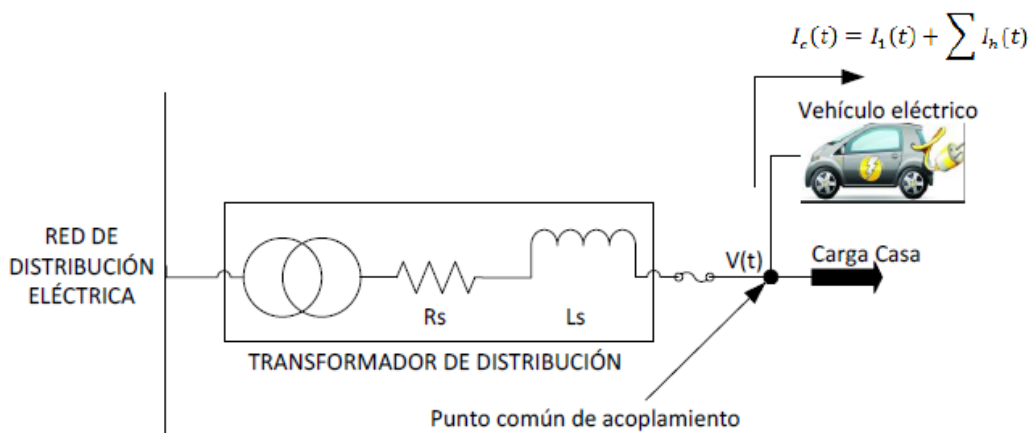


Figura 4.19 Representación de la red de distribución y la proliferación armónica resultante de las cargas no lineales.

Fuente: Trovão, Pereirinha, "Caracterización de cargadores de vehículos eléctricos, 2011.

4.4.2 Valoración del impacto para el usuario del VE

Uno de los primeros impactos a analizar es el cambio en la factura energética del usuario debido al cambio de fuente primaria para el transporte. El impacto económico en la factura energética de un usuario con Vehículo con MCI se presenta en la Tabla 4.3 y en la Tabla 4.4 se presenta la factura energética media para un usuario de un VE, basándose en valores promedio de coste de gasolina y energía eléctrica en nuestro medio, los mismos que se estudian más detalladamente en el capítulo 5. Para realizar los cálculos se ha supuesto un desplazamiento de 30 km/día.

Tabla 4.3 Factura de Costo Mensual por consumo de Combustible en un MCI

Costo de 1 gln de Gasolina	Consumo de Km/gls en 30 Km	Costo de Gasolina en 30Km	Costo Total de Consumo Mensual
1,50	0,4	0,66	19,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Factura de Costo Mensual por consumo de Energía en un VE

Costo de 1 Kw/h	Consumo de Kw/h en 30Km	Costo de Energía en 30Km	Costo Total de Consumo Mensual
0,10	4,11	0,411	12,33

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el costo energético asociado a los desplazamientos se reduce en un Vehículo Eléctrico comparado con un VCI. Este ahorro debe contrastarse contra otros costes como los del propio VE, que es superior al de un vehículo de combustión interna, el de la batería, mantenimiento, etc.

CAPITULO V

IMPACTO ECONOMICO Y SOCIO-AMBIENTAL DE LA INTRODUCCION DEL VEHICULO ELECTRICO

5.1 ANÁLISIS MICRO ECONÓMICO

Este análisis busca obtener indicadores que influyen directamente en la apreciación de vehículos eléctricos tanto funcional como económicamente; permitiendo así obtener un mejor punto de vista al momento de adquirir uno de estos vehículos.

- **Costos que Genera el Vehículo Eléctrico**

En los costos que genera el vehículo eléctrico, se considera como parte principal la batería ya que de esta depende el consumo energético del vehículo eléctrico, para el caso de estudio se ha tomado en consideración la batería de Li-ion que la mayoría de vehículos eléctricos utiliza actualmente. A fin de guardar confidencialidad con cierta información de los vehículos a ser comparados y que pudiera ser “sensible”, para el caso de análisis se utilizará un vehículo eléctrico disponible actualmente en el mercado ecuatoriano (al que se le ha denominado “VE”) con una batería con capacidad de 24 KWh y una autonomía de 175 km. Se ha tomado en consideración que el costo de la energía eléctrica sin subsidios en Ecuador es de 0,10 USD/KWh y con subsidios es de 0.08 USD/KWh, según lo detalla el CONELEC.

Si bien, por información del Ministerio Coordinador de la Producción en publicaciones (Diario El Comercio, 2015) el VE podría costar un mínimo de \$30 mil, similar al precio en otros países como Estados Unidos, Canadá, Japón y varios países europeos, siendo

este un valor promedio en cuanto al costo de los demás VEs existentes en el mercado Ecuatoriano, para el presente análisis se ha considerado un precio de \$35 mil dólares.

- Costo de Consumo Energético del Vehículo Eléctrico

Se tuvo en consideración para el análisis el costo promedio del consumo de energía de un vehículo eléctrico para 5 años o 300.000Km que es la garantía que ofrecen las diferentes casas comerciales y también como un tiempo referencial en que las personas por lo general cambian de modelo de vehículo o lo reemplazan. Por lo que el análisis compara el consumo energético que implica un VCI y un VE solo como referencia durante este tiempo, y se muestra la tabla 5.1. Además, se han incluido dos tipos de vehículos a CI (Gasolina), VC1 y VC2, cuyas características se detallan en la tabla 5.1.

Para mayor aclaración el rendimiento de los VCI según datos de los fabricantes es:

$$\text{Rendimiento VC2} = 15\text{Km/lit} \text{ y VC1} = 18\text{Km/lit}$$

Transformando el litro a galón, sabiendo que el galón = 3,7854 lt, obtenemos:

$$\text{Rendimiento VC1} = \frac{18\text{Km}}{\text{lit}} * \frac{3,785 \text{ lt}}{1 \text{ galón}} = 68,137 \frac{\text{Km}}{\text{galón}}$$

$$\text{Rendimiento VC2} = \frac{15\text{Km}}{\text{lit}} * \frac{3,785 \text{ lt}}{1 \text{ galón}} = 56,781 \frac{\text{Km}}{\text{galón}}$$

Entonces el rendimiento en 175Km de cada VCI es de:

$$\text{Rendimiento VC1} = 2,56 \text{ galones/Km}$$

$$\text{Rendimiento VC2} = 3,07 \text{ galones/Km}$$

Descripción	Vehículo Eléctrico		Vehículo de Combustión Interna	
	Consumo energético (sin subsidio)	Consumo energético (con subsidio)	Consumo energético (VC1) (gasolina Extra)	Consumo energético (VC2) (con gasolina Super)
Rendimiento 24 Kwh/170Km	Electricidad 0,10 USD/Kwh	Electricidad 0,08 USD/Kwh	1,50 USD x 2,56 gln	2,15 USD x 3,07 gln
	Consumo: 24Kwh/175Km	Consumo: 24Kwh/175Km	3,84 USD / 175Km	6,61 USD / 175Km
	2,4USD/175Km	1,92 USD/175Km	2,56 gln/175Km	3,07 gln/175Km
	4114,28 USD/300000Km	3291,42 USD/300000Km	6582,85 USD/300000Km	11331,42 USD/300000Km

Tabla 5.1 Costos del consumo energético de un Vehículo Eléctrico

Fuente: Autor y Revista mundo Tuerca

Para el estudio se tomó en consideración el consumo de energía del vehículo eléctrico con la tarifa actual para tener un mejor punto de vista en el análisis económico por parte de las comercializadoras de energía eléctrica. Pero hay que considerar un mayor beneficio que estas prestarían ya que según compromiso Presidencial Nro. 21898 de abril 11 de 2014, sobre la producción de vehículos eléctricos y la elaboración de una propuesta técnica referente al sistema tarifario; el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad –ARCONEL, aprobó el “Esquema Tarifario para la introducción de los Vehículos Eléctricos en el Ecuador”; en el cuál se dice que los costos tarifarios reflejarán valores asequibles para los propietarios de este tipo de vehículos.

El esquema tarifario, además, deberá considerar la remuneración por demanda y por comercialización. Previo el estudio correspondiente, podrá fijar tarifas que promuevan e incentiven el desarrollo de industrias básicas, considerando para el efecto la utilización de energías y tecnologías renovables y amigables con el medio ambiente como son los VEs, a precios competitivos y estables, o subsidios, de ser necesarios. Así mismo, ARCONEL podrá establecer tarifas para lograr el uso eficiente de la energía." (Arconel, 2014).

Esta tarifa se aplicará para la facturación del servicio eléctrico, en forma exclusiva, del consumo de energía y potencia eléctrica mensual del vehículo eléctrico. Para la aplicación de esta tarifa, los vehículos eléctricos tendrán un régimen de carga liviana o lenta en las condiciones de potencia y consumo de energía eléctrica, recomendadas para el nivel de baja tensión, esto es, de hasta 10 kW.

VELEZ SANCHEZ. J

- COSTOS DE REPUESTOS PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Los VEs presentan una reducción de elementos mecánicos en comparación a los convencionales, por este motivo los repuestos son reducidos en su mantenimiento, por lo tanto se puede apreciar los costos estimados de los mismos en la tabla 5.2

COSTOS DE REPUESTOS DE LOS VEs		
Sistema Eléctrico		
Descripción	Mantenimiento / Km	Precio Unitario(USD)
Batería (Litio - ión)	200000	1950 - 6900
Conectores	100000	15
Aislantes	100000	10
Cableado	100000	10
Batería 12v	100000	105
Total		2090
Sistema de Frenado		
Descripción	Mantenimiento / Km	Precio Unitario(USD)
Pastillas	40000	80
Rectificación de Disco	80000 - 120000	30
Zapatatas	80000 - 100000	70
Discos delanteros	250000	115
Cilindros posteriores	150000	80
Cilindros maestros	250000	260
Cilindros delanteros	160000	85
Servofreno	300000	270,5
Tambores	200000	80
Total		1070,5
Sistema de Suspensión		
Descripción	Mantenimiento / Km	Precio Unitario(USD)
Bujes	80000	30
Cauchos	50000	20
Rotulas	50000	30
Rodamientos delanteros	100000	50
Rodamientos y Retenedo	100000	65
Amortiguadores delanteros	40000 - 80000	195
Amortiguadores posteriores	50000 - 80000	125
Muelles posteriores	80000 - 100000	70
Neumáticos	30000 - 40000	80
Total		905
Sistema de Suspensión		
Descripción	Mantenimiento / Km	Precio Unitario(USD)
Alineación	20000	30
Balanceo	20000	20
Rotulas de la dirección	60000	45
Engranaje de la Dirección	100000 - 200000	65
Total		160

Tabla 5.2 Costos estimados de repuestos de un VE

Fuente: Casas concesionarias y Autor

Estas variantes permiten una evaluación financiera en lo relacionado a temas de transporte alternativo y compararlo con vehículos convencionales. Lo que conlleva en sí analizar sus costos considerando valores de inflación de acuerdo al periodo y crecimiento

de la economía del país. La tasa de inflación para el año 2016 en base de índice de Precios al Consumidor (IPC) fue de 1.59% al mes de Junio (INEC, 2016). Por lo tanto, para llevar a cabo el análisis económico-financiero sobre la introducción del VE en el país, se aplica la ecuación 1 (IFE, 2007).

$$CT = C.U + C.M. + C.O. + C.A. \quad \text{Ecuación (1)}$$

Así, para determinar el costo total (CT) hay que tomar en consideración los siguientes indicadores:

- **Costo de la unidad (C.U.)**

Se debe estimar primero el costo de inversión o adquisición de la unidad, el cual viene dado por las concesionarias o casa representante de cada vehículo eléctrico. Para el análisis utilizaremos dos modelos de vehículos de combustión interna de similares características y de casas distintas, a los que se denominó VC1 y VC2 de los más aceptados y vendidos en el país y lo compararemos con un vehículo eléctrico VE de la misma casa comercial del VC2 para el análisis. Los precios y comparación se observan en las tablas 5.3 (vale indicar que si bien no se dan nombres de marcas y modelos, la información es real y fácilmente verificable en el mercado local).

Tipo de Vehículo	Sub tipo	Marca del Vehículo	Modelo del Vehículo	Cilindraje	Potencia	Precio del Vehículo
Combustión Interna	Auto 4p	1	VC1	1600cc	115 cv	19690 USD
Combustión Interna	Auto 4p	2	VC2	1600cc	107,47 cv	23300 USD
Eléctrico	Auto 4p	2	VE	1500cc	106 cv	35000 USD

Tabla 5.3 Costos de las Unidades (CU)

Fuente: Autor

- **Costo de mantenimiento (C.M.) y Costo de operación-energía (CO).**

El costo del mantenimiento hace referencia al plan de mantenimiento de cada una de las casas comerciales, obteniendo así un valor promedio general del mantenimiento para los tres casos mencionados. El costo de operación se refiere básicamente al costo de la energía secundaria utilizada por el vehículo, ya sea de gasolina o electricidad. Para el análisis se ha considerado un recorrido estándar de 300.000 Km, como se muestra en las

Tablas 5.4 y 5.5. Vale indicar que los costos de la tabla 5.4 son básicamente los mismos para los VC1 y VC2 pero se ha considerado dos alternativas, con el precio de la gasolina extra y el de la gasolina súper.

Vehículo normal existente en el mercado Ecuatoriano de cualquier marca	Vida útil (Cambios/300000Km)	Costo unitario en Cuenca(USD)	Costo Total (USD)
Lubricante motor	60 cambios	30 USD	1800 USD
Filtro de aceite	60 cambios	7 USD	420 USD
Lubricante caja	30	30 USD x cambio	900 USD
Bandas	5	80 USD x cambio	300 USD
Frenos	40	30 USD cada ABC	1200 USD
Llantas	5	400 USD las 4 llantas	2000 USD
Reparación motor	2 reparaciones	1500 USD	3000 USD
Refrigerante	10 cambios	10 USD	100 USD
Suspensión	5 cambios, espirales, mesas, amortiguadores, terminales	500 USD	2500 USD
Total Insumos (USD)			12220 USD
Combustible			
Gasolina extra	2,05 gln/140Km	1.50 USD/galón	6589,28
Gasolina super	2,46 gln/140Km	2.15 USD/galón	11314,28
TOTAL de PARTES + COMBUSTIBLE TIPO EXTRA			18809,28 USD
TOTAL de PARTES + COMBUSTIBLE TIPO SUPER			23534,28 USD

Tabla 5.4 Costos de Mantenimiento (CM) de un VCI

Fuente: Autor

Vehículo normal existente en el mercado Ecuatoriano de cualquier marca	Vida útil aproximada Cantidad/300.000km	Costo unitario en Cuenca(USD)	Costo Total (USD)
Lubricante motor	0 cambios	25	0
Filtro de aceite	0 cambios	5	0
Lubricante caja	30	30 x cambio	900
Bandas	0	60 x cambio	0
Frenos	30	30 cada ABC	900
Llantas	5	400 las 4 llantas	2000
Reparación motor	1 reparación	200	200
Refrigerante	0 cambios cada 100000 km	0	0
Suspensión	6 cambios, espirales, mesas, amortiguadores, terminales	500	3000
Total Partes (USD)			7000
Combustible			
Electricidad	42352,941Kw/h	0,10 USD	4235,29
TOTAL de PARTES + ELECTRICIDAD			11835,29 USD

Tabla 5.5 Costos de Mantenimiento (CM) de un VE

Fuente: Autor

- Costos ambientales (C.A.)**

Al no generarse emisiones desde el VE, los costos ambientales se obtienen simplemente multiplicando las toneladas métricas de CO₂ producidas por los vehículos de combustión por el costo por tonelada en euros. Para ello se han usado los precios de la Bolsa Española de Derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (Año) lo que se puede observar en la siguiente tabla 5.6

Bolsa Española de Derechos de Emisiones de Dioxido de Carbono (SENDECOCO2).						
País	2012	2013	2014	2015	2016	2017
México	4.0	1.1	2.1	3.3	3.8	3.8
Bolivia	5.2	6.8	5.3	4.5	4.3	4.0
Chile	5.5	4.2	1.7	2.9	3.8	4.2
Colombia	4.0	4.7	4.7	4.4	4.3	4.3
Costa Rica	5.1	3.5	3.7	4.1	4.2	4.5
Ecuador	5.1	4.5	4.8	3.8	4.3	5.0
El Salvador	1.9	1.7	1.9	2.4	2.7	2.9
Guatemala	3.0	3.7	3.5	3.6	3.6	3.5

Tabla 5.6 Costos por toneladas métricas de CO₂.

Fuente: Bolsa Española de Derechos de Emisiones de Dioxido de Carbono (SENDECOCO2).

Por lo que el costo ambiental respectivo para un vehículo convencional es de:

$$CA = \text{producción CO}_2 \text{ del vehículo convencional} = \text{costo ambiental}$$

Donde las emisiones producidas por un vehículo convencional de cilindrajes entre los 1.400cc y 1.600cc son de alrededor de 86,496tnm al año, según estudios realizados por SENDECO (Año) por el valor de cada tonelada métrica de CO₂ producido. Para el año 2016 en el caso ecuatoriano se tendría:

$$CA = 86,496 \text{ toneladas métricas de CO}_2 * 5,3$$

$$CA = 447,828 \text{ USD}$$

Aplicando la ecuación (1) el costo total (C.T.) para cada vehículo analizado se muestra en la tabla 5.7

Tipo de Vehículo	Costo de Unidad	Costo de Mantenimiento	Costo de Operación	Costo Ambiental	COSTO TOTAL
VCI con gasolina Extra	19690 USD	12220 USD	6589,28 USD	1859.66 USD	40358,94 USD
VCI con gasolina Súper	24300 USD	12320 USD	11314,28 USD	1859.66 USD	49793,94 USD
(VE)	35000 USD	7000 USD	4235,29 USD	0 USD	46235,29 USD

Tabla 5.7 Costo Total

Fuente: Casa de Mantenimiento (Chevrolet y Nissan), Autor

Como se puede ver en la tabla 5.7 a pesar de existir mayor diferencia en cuanto a costos de mantenimiento, costos de consumo energético y costos ambientales no existe un ahorro en comparación al VCI cuando este trabaja con gasolina extra, ya que el costo de un VE en nuestro país es aún muy elevado entre un 56% y 66% además que la gasolina se mantiene en subsidio. Sin embargo, cuando el VCI utiliza gasolina súper, ya existe un ahorro de más de 3000 USD si se usa el VE, y se espera que esa diferencia sea mayor para los próximos años. Si el VE, como ocurre en otros mercados, llega a un precio de 30000 USD (o menos), sería un precio que tendría mayor aceptación para los usuarios de esta nueva tecnología. Además se esperaría, como se ha venido mencionando, un

subsidio en el costo de la energía eléctrica ayudando así a reducir más los costos de consumo energético en comparación de un vehículo tradicional.

5.1.1 EVALUACIÓN DEL VE A MEDIANO PLAZO

Al momento de realizar cualquier proyecto de viabilidad existe un factor determinante el cual es la sustentabilidad financiera del mismo; ya que por óptimo que sea tanto ambiental como socialmente, si no es rentable, no resulta atractivo para los compradores o inversionistas, es por esta razón que se puede realizar análisis a corto, mediano y largo plazos para verificar si el vehículo eléctrico es pertinente dentro de la movilidad de la ciudad de Cuenca y más aún para impulsar al transporte no contaminante. Para este estudio se realizó un análisis de mediano plazo que tiene un tiempo entre 5 años y 10 años, a fin de determinar indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

5.1.2 CALCULO DEL VAN

El Valor Actual Neto (VAN), permite calcular el valor actual de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión. Ecuación 2 (LÓPEZ, 2006).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \text{ (Ecuación 2)}$$

De donde:

V_t : Representa el flujo de caja o la variante eficiente de ahorro anual.

I_0 : Es el valor adicional de la inversión.

n : es el número de periodos considerados.

k : es la tasa de descuento.

Hay que considerar que en la actualidad existe ayuda directa por parte del gobierno para la adquisición de los VEs De acuerdo con información enviada por el Ministerio

Coordinador de la Producción (Diario el Comercio, 2015), los usuarios que adquieran este tipo de vehículos tendrán 0% de arancel para la importación. Adicionalmente, no pagarán IVA e ICE los carros eléctricos cuyo precio de venta al público sea inferior a USD 35 000.; además existen incentivos para la carga de los VEs, entre otros. Otro punto que hay que considerar son las baterías ya que representan parte importante del costo del vehículo, y es debido a esto que las baterías no se han considerado reemplazar en este estudio, ya que representan el 10% del costo del vehículo eléctrico con una duración hasta 500000Km de recorrido (Diario el Comercio, 2016), pero para nuestro caso de estudio se ha tomado 5 años como se mencionó que es la garantía de las casas concesionarias y también como el tiempo en que los usuarios por lo general cambian de modelo o reemplazan sus vehículos, considerando una depreciación del 20% que establece que la vida útil del vehículo sería de 5 años. En el caso del vehículo eléctrico, para una variante eficiente de ahorro anual (V_t) es de 2879,36 USD/año como se ve en la Tabla 5.8; es decir el ahorro por operación y mantenimiento del vehículo eléctrico, para un periodo de 5 años a una tasa de inversión del 10% anual y sumado a esto una inversión adicional de 10700 USD.

Vehículo Eléctrico			Vehículo de Combustión Interna		Ahorro Annual del VE	
Inversión total inicial		35000 USD	24300 USD		10700	
Vida Útil		5 Años	5 Años			
Combustible	Consumo Energético	0,10 USD / KWh	Costo Gasolina	Costo Gasolina	1443,428 USD	493,714 USD
	Costo por recorrido	2,4 USD / 175Km	Super 2,15 x 3,07 gln	Extra 1,50 x 2,56 gln		
	Costo anual / 60000Km	822,857 USD	6,61 USD / 175Km	3,84 USD/175Km		
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento y repuestos anual	7000 USD / 5 Años 1400 USD	12320 USD / 5 Años 2464 USD	12220 USD / 5 Años 2444 USD	1064 USD	1044 USD
Emissiones contaminantes	---	0 USD	371,932 USD	371,932 USD	371,932 USD	371,932 USD
Total		2222,857 USD	5102,217 USD	4132,503 USD	--	--
Total de Ahorro anual del VE (USD)			2879,36 USD	1909,646 USD	2879,36 USD	1909,646 USD

Tabla 5.8 Ahorro por concepto del Vehículo de combustión y el Vehículo eléctrico
Fuente: Casas Concesionarias y Autor

Entonces el valor del cálculo del VAN se lo puede analizar en la siguiente tabla 5.9:

Flujo Para los 5 Años						
Tiempo en Años	0	1	2	3	4	5
Inversión incremental	– 10700	2879,36	2879,36	2879,36	2879,36	2879,36
Tasa de interés	10%					
VAN	215,04 USD					

Tabla 5.9 Cálculo del VAN**Fuente:** Autor

Para el análisis de ahorro se consideró un Vehículo eléctrico de valor promedio existente entre los VEs presentes en el mercador ecuatoriano mencionados anteriormente en la tabla 2.2 y un Vehículo de combustión interna con características parecidas y de la misma ,marca que el VE. Si se considera para el análisis de mediano plazo que el vehículo tenga una vida útil de 300000Km ó 5 años. Como se observa el valor del VAN es positivo lo que resulta rentable al cambiarlo por un vehículo convencional.

5.1.3 CALCULO DEL TIR

El *TIR* es la tasa interna de retorno, que permite evaluar al proyecto en función de una tasa única de rendimiento por periodos; de donde la totalidad de beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados con la moneda actual, por lo que el *TIR* (ecuación 3) representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero por lo que el *VAN* se iguala cero, haciendo que *i* pase a llamarse *TIR* (Ehrhardt, Abrigan, 2007).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \text{ (Ecuación 3)}$$

En este caso el valor calculado del TIR es igual que la tasa de descuento depreciable anual de 10%, permitiendo así demostrar que la inversión presenta rentabilidad, resultando conveniente la inversión. Esto se revela en la tabla 5.10 mostrada a continuación:

Flujo Para los 5 Años						
Tiempo en Años	0	1	2	3	4	5
Inversión incremental	- 10700	2879,36	2851,932	2879,36	2879,36	2879,36
TIR	11%					

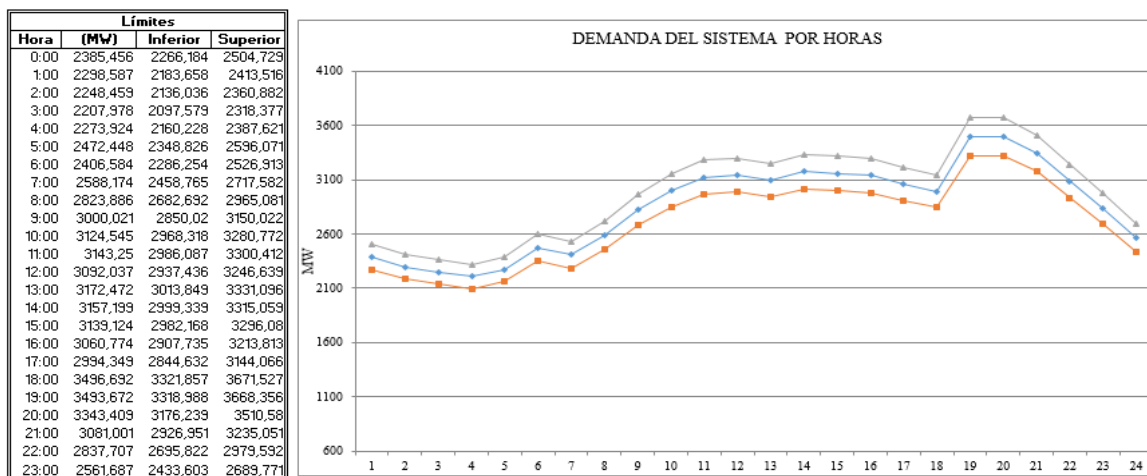
Tabla 5.10 Cálculo del TIR

Fuente: Autor

5.2 ANALISIS MACRO ECONOMICO

5.2.1 Impacto económico en la red de Distribución.

Como sabemos, en Ecuador la potencia eléctrica es distribuida por diferentes comercializadoras. La energía proviene de diferentes centrales de generación las cuales deben satisfacer la demanda nacional como se ve en las figuras 5.1 y 5.2


Figura 5.1 Curva de la Demanda Nacional por Horas

Fuente: CENACE 2017.

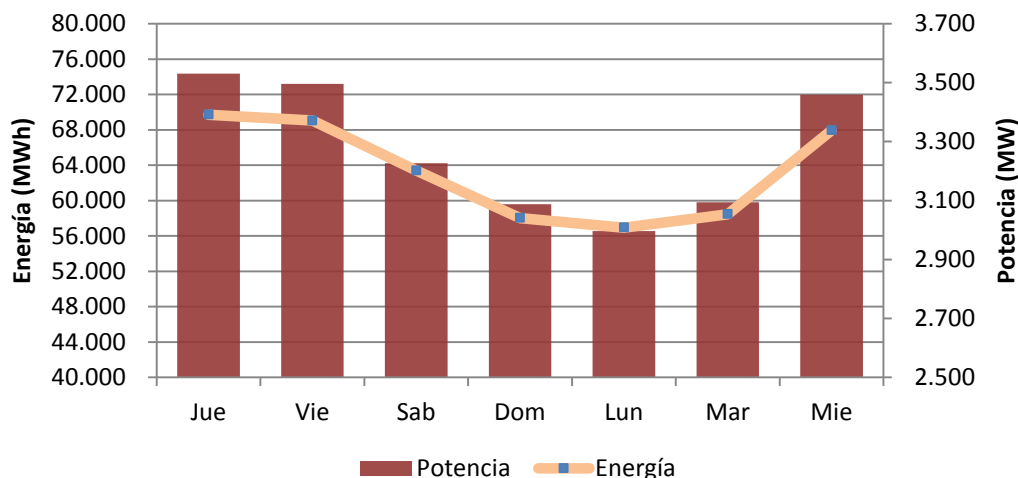


Figura 5.2 Demanda semanal en el Ecuador
Fuente: CENACE 2017

Las diferentes centrales de generación, dependiendo de condiciones como hidrología, precio de combustibles, planes de mantenimiento, etc., contribuyen cada año de manera distinta a la matriz de generación, a fin de cubrir la demanda nacional. En el año 2016, el porcentaje de aporte por tipo de central se muestra en la Tabla 5.11

Tipo de Generación	MWh	Porcentaje
Hidroeléctricas	369.050,39	83,18%
Térmicas Gas	26.110,00	5,89%
Térmicas Fuel Oil 6	22.551,00	5,08%
Térmicas Fuel oil 4	25.081,48	5,65%
Térmicas Diesel/Nafta	196,00	0,04%
Energía no convencional	730,32	0,16%
Importaciones Perú	-	
Exportaciones Colombia	200,00	
Exportaciones Perú	-	
Generación Total	443.719,19	100%

Tabla 5.11 Cantidad Total de Generación con sus Tipos
Fuente: CENACE, 2017

Las centrales de generación termoeléctricas cuyos costos de producción son más altos como por ejemplo las de motores de combustión interna, turbo gas y turbo vapor, y que son utilizadas para suplir la demanda en horas pico, podrían ser reemplazadas por fuentes de energía alternativa como son los VEs, los cuales aportarían como se ha mencionado anteriormente, en las horas de mayor demanda.

A continuación se muestra un ejemplo (tabla 5.12), en donde en las horas de mayor consumo (horas pico de 18h00 a 20h00), se utiliza fuentes de generación térmica y también donde el costo del KWh es elevado en algunas centrales al momento de generar electricidad.

UNIDAD	CODIGO ePSR	Tip. Combustible	Total ctvs US\$/kWh	Potencia Efectiva (Mw)
ESMERALDA	ESMETVA01	RESI	3,09	125,00
MACHALA GA	TGMATTG01	GNAT	3,55	68,80
MACHALA GA	TGM2TTG01	GNAT	3,55	20,00
MACHALA G	TGMATTG02	GNAT	3,55	67,60
MACHALA GA	TGM2TTG03	GNAT	3,55	20,00
SANTA ELEI	SEL3TMC03	FOIL	3,74	13,30
SANTA ELEI	SEL3TMC01	FOIL	3,76	13,30
TRINITARIA T	TRINTVA01	FOIL	4,16	133,00
SANTA ELENI	SEL2TMC01	FOIL	4,65	81,10
G. ZEVALLOS	GZEVTV02	FOIL	4,73	72,00
JARAMIJÓ	JARATMC01	RESI	4,85	134,28
GUANGOPCO	GUA2TMC02	RESI	4,96	8,00
GUANGOPCO	GUA2TMC03	RESI	4,96	8,00
GUANGOPCO	GUA2TMC05	RESI	4,96	8,00
UNACEM	LCEMTMC01	RESI	4,97	13,00
G. ZEVALLO	GZEVTV03	FOIL	4,98	73,00
JIVINO III-1	JIV3TMC01	RESI	5,22	10,50
JIVINO III-2	JIV3TMC02	RESI	5,22	10,50
JIVINO III-3	JIV3TMC03	RESI	5,22	10,50
JIVINO III-4	JIV3TMC04	RESI	5,22	10,50
TERMOGUAY	TGUATMC01	RESI	6,85	20,00
LORETO U1	LORETMC01	DIES	13,65	1,00
LORETO U2	LORETMC02	DIES	13,65	1,00
DAYUMA U1	DAYUTMC01	DIES	14,92	1,00
DAYUMA U2	DAYUTMC02	DIES	14,92	1,00

Tabla 5.12 Centrales térmicas que operan en horas pico y su Costo por Kwh

Fuente: CENACE, 2017

Además se debe considerar el costo ambiental que está ligado a este tipo de generación que según datos de la ONEI que citan como fuente a la Unión Eléctrica (UNE), en el 2014 la cantidad promedio de combustible que se necesitó para generar un kilowatt-hora, o como se dice en el lenguaje técnico el (consumo específico de combustible), fue de 1127 gramos. Esto corresponde a un factor de emisiones asociado a la generación de electricidad de 1127 gr de CO₂, ósea 1127 grCO₂/Kwh (UNE, 2014) ver tabla 5.13, donde se asume el costo de USD5,3 por tonelada de CO₂ emitida (SENDECOCO₂, 2015).

Unidad	Combustible	Consumo anual	Unidades	grms. de CO ₂ eq/kWh	Kg de CO ₂ eq	Tnl. metricas de CO ₂	Csto x Emisiones Diarias	Csto x Emisiones Mensuales	Csto x Emisiones Anuales
ESMETVA01	RESI	195000,00	kWh	1127	219765	219,765	1164,75	6592,95	79115,4
TGMATTG01	GNAT	193800,00	kWh	1127	218412,6	218,4126	1157,59	6552,378	78628,536
TGM2TTG01	GNAT	60000,00	kWh	1127	67620	67,62	358,39	2028,6	24343,2
TGMATTG02	GNAT	184800,00	kWh	1127	208269,6	208,2696	1103,83	6248,088	74977,056
TGM2TTG03	GNAT	53000,00	kWh	1127	59731	59,731	316,57	1791,93	21503,16
SEL3TMC03	FOIL 4	29600,00	kWh	1127	33359,2	33,3592	176,80	1000,776	12009,312
SEL3TMC01	FOIL 4	29600,00	kWh	1127	33359,2	33,3592	176,80	1000,776	12009,312
TRINTVA01	FOIL 6	197400,00	kWh	1127	222469,8	222,4698	1179,09	6674,094	80089,128
SEL2TMC01	FOIL 4	56000,00	kWh	1127	63112	63,112	334,49	1893,36	22720,32
GZEVTV02	FOIL 6	78000,00	kWh	1127	87906	87,906	465,90	2637,18	31646,16
JARATMC01	RESI	150000,00	kWh	1127	169050	169,05	895,97	5071,5	60858
GUA2TMC02	RESI	13,70	kWh	1127	15,4399	0,0154399	0,08	0,463197	5,558364
GUA2TMC03	RESI	13400,00	kWh	1127	15101,8	15,1018	80,04	453,054	5436,648
GUA2TMC05	RESI	20400,00	kWh	1127	22990,8	22,9908	121,85	689,724	8276,688
LCEMTMC01	RESI	100,00	kWh	1127	112,7	0,1127	0,60	3,381	40,572
GZEVTV03	FOIL 6	78000,00	kWh	1127	87906	87,906	465,90	2637,18	31646,16
JIV3TMC01	RESI	28500,00	kWh	1127	32119,5	32,1195	170,23	963,585	11563,02
JIV3TMC02	RESI	28500,00	kWh	1127	32119,5	32,1195	170,23	963,585	11563,02
JIV3TMC03	RESI	10500,00	kWh	1127	11833,5	11,8335	62,72	355,005	4260,06
JIV3TMC04	RESI	28500,00	kWh	1127	32119,5	32,1195	170,23	963,585	11563,02
TGUATMC01	RESI	30000,00	kWh	1127	33810	33,81	179,19	1014,3	12171,6
LORETMC01	DIES	1500,00	kWh	1127	1690,5	1,6905	8,96	50,715	608,58
LORETMC02	DIES	1500,00	kWh	1127	1690,5	1,6905	8,96	50,715	608,58
DAYUTMC01	DIES	1500,00	kWh	1127	1690,5	1,6905	8,96	50,715	608,58
DAYUTMC02	DIES	1500,00	kWh	1127	1690,5	1,6905	8,96	50,715	608,58
Costo Total		1471,11 Mwh	-	-	1657945,14	1657,94514	8787,109	49738,3542	596860,2504

Tabla 5.13 Cantidad de emisiones por grms de CO₂/Kwh y su Costo

Fuente: Unión Eléctrica (UNE), 2014

A partir de la información establecida se podrá calcular el costo total para generar energía en las horas pico con sus potencias específicas que están aportando a la red (ver tabla 5.14)

VELEZ SANCHEZ. J

UNIDAD	Combustible	Costo al Generar 1Kwh por Tipo de Comb	Mwh	COSTO en ctvs US\$/Mwh	COSTO DIARIO en US\$/Mwh	COSTO MENSUAL en US\$/Mwh	COSTO ANUAL en US\$/Mwh
ESMETVA01	RESI	3,09	195,00	602111,6549	6021,116549	180633,50	2167601,96
TGMATTG01	GNAT	3,55	193,80	687152,9409	6871,529409	206145,88	2473750,59
TGM2TTG01	GNAT	3,55	60,00	212931,1766	2129,311766	63879,35	766552,24
TGMATTG02	GNAT	3,55	184,80	656040	6560,4	196812,00	2361744,00
TGM2TTG03	GNAT	3,55	53,00	188271,6907	1882,716907	56481,51	677778,09
SEL3TMC03	FOIL	3,74	29,60	110765,9006	1107,659006	33229,77	398757,24
SEL3TMC01	FOIL	3,76	29,60	111443,0995	1114,430995	33432,93	401195,16
TRINTVA01	FOIL	4,16	197,40	820541,432	8205,41432	246162,43	2953949,16
SEL2TMC01	FOIL	4,65	56,00	260360,5102	2603,605102	78108,15	937297,84
GZEVTV02	FOIL	4,73	78,00	368631,9563	3686,319563	110589,59	1327075,04
JARATMC01	RESI	4,85	150,00	728235,0574	7282,350574	218470,52	2621646,21
GUA2TMC02	RESI	4,96	13,70	67924,15579	679,2415579	20377,25	244526,96
GUA2TMC03	RESI	4,96	13,40	66436,76551	664,3676551	19931,03	239172,36
GUA2TMC05	RESI	4,96	20,40	101142,5385	1011,425385	30342,76	364113,14
LCENTMC01	RESI	4,97	0,10	496,5302419	4,965302419	148,96	1787,51
GZEVTV03	FOIL	4,98	78,00	388673,2574	3886,732574	116601,98	1399223,73
JIV3TMC01	RESI	5,22	28,50	148729,4058	1487,294058	44618,82	535425,86
JIV3TMC02	RESI	5,22	28,50	148729,4058	1487,294058	44618,82	535425,86
JIV3TMC03	RESI	5,22	10,50	54795,04425	547,9504425	16438,51	197262,16
JIV3TMC04	RESI	5,22	28,50	148729,4058	1487,294058	44618,82	535425,86
TGUATMC01	RESI	6,85	30,00	205589,6883	2055,896883	61676,91	740122,88
LORETMC01	DIES	13,65	1,50	20477,85675	204,7785675	6143,36	73720,28
LORETMC02	DIES	13,65	1,50	20477,85675	204,7785675	6143,36	73720,28
DAYUTMC01	DIES	14,92	1,50	22374,47228	223,7447228	6712,34	80548,10
DAYUTMC02	DIES	14,92	1,50	22374,47228	223,7447228	6712,34	80548,10
TOTAL			1484,8	6163436,275	61634,36275	1849030,882	22188370,59

Tabla 5.14 Costos de Generación (USD/Mwh) en hora pico

Fuente: CENACE, 2017

La tabla muestra en algunos casos donde se paga hasta 14,92 ctvs. US\$ por KWh precios muy elevados en comparación a otras fuentes de generación y de menor o igual potencia y como se mencionó en otros casos hasta valores subvalorados por costo del KWh generado. Con los valores obtenidos de costos por generación de energía podemos realizar un cálculo total que implican costo ambiental más costo por generar energía de las centrales de Generación Térmica.

COSTO TOTAL DIARIO x PRODUCIR 1484,8 MWh = Costo de MWh Generado + Costo Ambiental (USD por tonelada generada)

Costo Total diario = 61634,36 USD + 8787,109 USD = **70.421,496 USD**

COSTO TOTAL MENSUAL x PRODUCIR 44544 MWh = Costo de MWh Generado + Costo Ambiental

Costo Total mensual = 1849030,882 USD + 263613,27 USD = **2'112.644,152 USD**

COSTO TOTAL ANUAL x PRODUCIR 534528 MWh = Costo de MWh Generado + Costo Ambiental

Costo Total Anual = 22188370,58 USD + 3163359,24 USD = **25'351.729,82 USD**

Esto corresponde a un costo promedio de generación de USD 36,87 USD/MWh o 3,68 UScentv/Kwh. Si por ejemplo, a través de alguna política energética se plantea sustituir las centrales térmicas que generen por encima de ese costo por una alternativa tecnológica como el VE, el ahorro diario sería por el desplazamiento de las centrales que se muestran en la tabla 5.15

UNIDAD	Combustible	Mwh Generados	Cantidad de Combustible	Costo Combustible (USD/gln)
ESMETVA01	RESI	195,00	224,675	11,22
TGMATTG01	GNAT	193,80	2124,05	5,20
TGM2TTG01	GNAT	60,00	652,08	5,20
TGMATTG02	GNAT	184,80	2086,17	5,20
TGM2TTG03	GNAT	53,00	579,74	5,20
SEL3TMC03	FOIL 4	29,60	1612,31	0,6678
SEL3TMC01	FOIL 4	29,60	1612,31	0,6678
TRINTVA01	FOIL 6	197,40	12321,39	0,4800
SEL2TMC01	FOIL 4	56,00	3363,23	0,6678
GZEVTV02	FOIL 6	78,00	5551,26	0,4800
JARATMC01	RESI	150,00	8928,00	11,22
GUA2TMC02	RESI	13,70	803,94	11,22
GUA2TMC03	RESI	13,40	785,89	11,22
GUA2TMC05	RESI	20,40	1196,43	11,22
LCENTMC01	RESI	0,10	6,20	11,22
GZEVTV03	FOIL 6	78,00	5551,26	0,4800
JIV3TMC01	RESI	28,50	1625,91	11,22
JIV3TMC02	RESI	28,50	1163,74	11,22
JIV3TMC03	RESI	10,50	599,02	11,22
JIV3TMC04	RESI	28,50	1625,93	11,22
TGUATMC01	RESI	30,00	1964,70	11,22
LORETMC01	DIES	1,50	125,00	0,8202
LORETMC02	DIES	1,50	125,00	0,8202
DAYUTMC01	DIES	1,50	125,00	0,8202
DAYUTMC02	DIES	1,50	125,00	0,8202
TOTAL		1484,80 Mwh		

Tabla 5.15 Cantidad de Combustible que utilizan en horas pico las Centrales para generación (Mwh)

Fuente: CENACE, 2017

Cabe recalcar que este precio de los combustibles es el que se comercializa en nuestro país, según reporta el CENACE, ya que con precios internacionales más altos se aumenta el costo de producción de la energía obtenida.

El ahorro total que se tendría entonces, al desplazar toda energía térmica de la tabla 5.15 por aportes desde los VEs, en horas pico (18h00 a 20h00), es superior a los 17'356.366 USD anuales (Ver tabla 5.16).

Tipo de Combustible y Costo x (USD/gln)	Total Barriles de Residuo	Costo diario x Barriles de Residuo	Total Galones de Foil 4	Costo diario x Galones de Foil 4	Total Galones de Foil 6	Costo diario x Galones de Foil 6	Total Galones de Diesel	Costo diario x Galones de Diesel	Total miles pies ³ de Gas Natural	Costo diario x BTUs o pies ³
RESIDUO (USD/Barril)	344,081	3860,58474	6587,85	4399,36623	23423,91	11243,4768	500,00	410,1	5442,04	28298,608
Foil 4 (USD/gln)		Costo mensual de Barriles de Residuo		Costo mensual x Galones de Foil 4		Costo mensual x Galones de Foil 6		Costo mensual x Galones de Diesel		Costo mensual x BTUs o pies ³
Foil 6 (USD/gln)		115817,5422		131980,9869		337304,304		12303		848958,24
Diesel (USD/gln)		Costo anual de Barriles de Residuo		Costo anual de Galones de Foil 4		Costo anual x Galones de Foil 6		Costo anual x Galones de Diesel		Costo anual x BTUs o pies ³
Gas Natural (USD/Unidad)		1389810,506		1583771,843		4047651,648		147636		10187498,88
TOTAL DE AHORRO (USD)		1'389.810,506		1'583.771,843		4'047.651,648		147.636		10'187.498,88

Tabla 5.16 Costo del ahorro por Combustible en cada Central Térmica utilizada para generar en hora pico

Fuente: CENACE, 2017

Este cálculo muestra la cantidad de dinero que podría ahorrar el Estado anualmente por dejar de generar con centrales termoeléctricas (sin considerar costos de subsidios en algunos combustibles) y siempre que hay un sustituto. Esto permitiría impulsar el uso de tecnologías alternativas como el caso de los Vehículos eléctricos los cuales pueden producir la misma cantidad de energía pero con cero contaminación ambiental como es el ruido y emisiones de gases tóxicos. Además con precios menores de generación en comparación con algunas centrales térmicas donde el costo del Kwh generado puede llegar a 14,92 ctvs. /USD.

5.3. Impactos socio-ambientales de la nueva Tecnología

5.3.1 La Reducción de emisiones deCO2 al Ambiente.

El impacto positivo que la nueva tecnología implica se lo puede ver en este análisis con la cantidad de CO2 que se dejaría de emitir en las ciudades del Ecuador y en este caso en la ciudad de Cuenca por parte de los vehículos que van a ser reemplazos por esta nueva tecnología reduciendo el daño al ambiente y mejorando las condiciones de vida de los habitantes (tabla 5.17)

Area de Impacto	# De Vehículos	Cantidad de CO2 por 1Km recorrido	Promedio anual de recorrido	Emisiones de CO2 emitidas al Año en Tn	Emisiones de CO2 (Tn) emitidas en 10 Años de vida útil
Alimentador 0821	1848	0.14 Kg CO2	40000	10348,8	103488
Cuenca	137.060	0.14 Kg CO2	40000	767536	7675360
Ecuador	1958000	0.14 Kg CO2	40000	10964800	109648000

Tabla 5.17 Estimación de la Reducción de Toneladas de CO2 al Ambiente en cada Escenario

Fuente: Autor

Además el uso de los VEs elimina paralelamente el uso de lubricantes, fluidos, aditivos, y miles de accesorios, que a la larga representan contaminación del ambiente por ser resultado de procesos industriales que pueden afectar al aire, agua y suelo. Por otro lado, es necesario hacer un plan de reciclaje de baterías, evaluando previamente su impacto ambiental.

5.3.2 Manejo y Recolección de Baterías

Los vehículos eléctricos son relativamente nuevos en el mercado de América, y sus baterías son de larga vida, por lo que la cantidad de baterías que ha llegado al final de su vida útil es relativamente pequeña. Por ello, son pocas las que han llegado al mercado del reciclaje (AkkuSer, 2011).

Sin embargo, conforme se incrementa el número de VEs es probable que el mercado del reciclaje de baterías crezca y genere puestos de trabajo a medida que los VEs se tornen más populares. Actualmente existen pocas empresas dedicadas al reciclaje de las baterías por lo que el manejo de las mismas suelen dejárselos a las concesionarias de vehículos ya que dentro de este proceso pueden surgir problemas serios por manejo inadecuado o accidentes. Los desafíos que se presentan son (Semarnat, 2009):

- dificultad para identificar la composición química de la batería
- incertidumbre respecto de cómo desmantelarlas sin riesgo;

-
- falta de conocimientos sobre cómo funciona la electrónica en las celdas de las baterías
 - incertidumbre respecto de los valores de en el mercado de repuestos de los metales recuperados, en particular porque se modifica la composición química de la batería (hay preocupación por las bajas concentraciones de cobalto de las baterías de iones de litio).

El manejo ambientalmente adecuado (MAA) de las baterías de VEs al final de su vida útil implica procesarlas para después reciclarlas en plantas con prácticas de MAA. Las baterías de Ni-MH o de Litio-ión, las reciclan unas cuantas empresas especializadas en Canadá y Estados Unidos (Fisher, Wallen, Laenen, Collin, 2006). Dichas empresas se resumen en la tabla 5.18

Nombre,Dirección, información	Tipos de Baterías de los Vehículos de Propulsión eléctrica (VPE) y Vehículos Eléctricos (VEs)
RMC (Raw Materials Company, Inc.) 17 Inverto Drive Port Colborne, Ontario, Canadá	Baterías Ni - MH Baterías Li - ión de todos los VPE y VEs
Retriev Technologies (antes Toxco) 9384 Highway Trail, Columbia Británica, Canadá	Baterías Li - ión de todos los VPE y VEs
Glencore Xstrata Sudbury, Ontario, Canadá	Todo tipo de baterías de níquel o cobalto, dependiendo del contenido de metal Incluye las baterías Ni - MH de VEH y las baterías Li - ion (que contienen cobalto) de todos los VEs y VPE
Inmetco One Inmetco Drive Ellwood, City, Pensilvania, EEUU www.inmetco.com/services	Baterías de níquel, incluidas las baterías Ni - MH de VTE Baterías de Li - ión(de todos los VPE) generalmente enviada a otras fundidoras (por ejemplo, Glencore Xstrata)
Metal Conversion Technologies (MTC) East porter ST, Cartersville Georgía, EEUU	Baterías Ni- Mh de VEH Y baterías de Li - ión de todos los Ves y VEP. Se procesan in situ para obtener relaciones refundidas de níquel y aleaciones de cobalto
Retriev Technologies < www.retriev.com>	Construye nuevas plantas de recuperación para las baterías de Li - ion con laboratorios de investigación y desarrollo en folcroft, Pensilvania, almacena todas las baterías de los VEHE y VTE, así como de algunos VEH
Retriev Technologies 125 East Commercial St Anaheim, California, EEUU	En esta fabrica se concentra todas las baterías de la costa Oeste con baterías de níquel y Li-ion con certificados y autorizaciones Europeas y nacionales
Retriev Technologies 265 Quarry Rd SE Lancaster, Ohio, EEUU	Aqui se procesan todas las baterías de VPE, también baterías comunes e industriales de Ni-MH, plomo acido y níquel cadmio de los VPE y Ves
Umicore Airport Road Maxton, Carolina del Norte, EEUU	Aqui se concentran y se da tratamiento previo desmantelamiento de baterías de Ni-MH con procesos de ultra alta temperatura en Hoboken, Bélgica con una capacidad de 7500tn/Año o 150000 baterías para vehículos

Tabla 5.18 Empresas que se dedican al reciclado y tratamiento de Baterías después de su vida útil

Fuente: Comisión para la Cooperación Ambiental

La compañía TES -MAA de México recolecta y clasifica desechos electrónicos y los exporta a su planta de Singapur. La clasificación incluye baterías de Li-ion, Níquel Cadmio, Plomo-acido entre otras que se exportan y reciclan mediante un proceso hidrometalúrgico mecánico patentado.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El sector del transporte representa casi el 50% del consumo energético del Ecuador y la energía que requiere este sector es provista casi exclusivamente por combustibles fósiles. Los combustibles usados en el país se fabrican a partir de derivados de petróleo importados lo cual ocasiona un saldo comercial negativo puesto que dichos combustibles tienen subsidios estatales. Esta situación se agrava por el creciente uso de vehículos particulares, en especial en las grandes urbes como Quito, Guayaquil y Cuenca. La decisión de dejar de subsidiar estos productos no es sencilla pues por un lado puede significar un mayor aporte en la economía del país pero por otro podría generar inconvenientes socioeconómicos a los sectores más vulnerables.

En el campo técnico, la optimización del parque automotor se vuelve un tema donde más se puede aplicar criterios de eficiencia energética. Es en este campo donde el Estado y la industria necesitan trabajar conjuntamente para desarrollar programas innovadores y lograr un desarrollo sostenible. La mejora en la eficiencia energética del sector transporte aporta al, nivel de movilidad y productividad en un país, lo cual tiene directa repercusión en la economía en general y la industria en particular.

Del estudio realizado se concluye que los vehículos eléctricos son una alternativa muy atractiva para el Ecuador, tanto por su eficiencia energética como por la disminución de las emisiones de CO₂. El presente análisis indica que con vehículos eléctricos, el consumo de energía primaria y las emisiones de GEI podrían disminuir considerablemente, dependiendo del grado de penetración de la nueva tecnología con programas de motivación. Así como lo entiende ARCONEL cuando aprobó el “Esquema Tarifario para la introducción de los Vehículos Eléctricos en el Ecuador”; cuyas tarifas reflejarán costos asequibles para los propietarios de este tipo de vehículos.

A ello se sumaría la posibilidad de aportar energéticamente a la red de distribución, como se demostró al momento de pasar de ser un consumidor (carga del VE) a un “productor” (fuente generadora en la red). En consecuencia, el desarrollo de un parque automotor

VELEZ SANCHEZ. J

eléctrico no solo generaría ahorros de combustible fósiles, y una disminución de las emisiones de gases de invernadero, sino que podría estimular el desarrollo de una importante industria destinada a la fabricación de vehículos eléctricos, baterías y componentes para este tipo de tecnología. A esto hay que añadir la eventual generación de ingresos adicionales para los propietarios de VEs, por venta de energía.

El éxito en la implementación de esta alternativa tecnológica está supeditado al desarrollo de infraestructuras de recarga, al costo de los vehículos eléctricos y a la autonomía que estos brinden al usuario. En general, la movilidad eléctrica es una alternativa sostenible de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de los diferentes casos de comparación aunque ello puede variar dependiendo del precio de la gasolina. Por ejemplo, en un VE que cuenta con un motor completamente eléctrico para la tracción, se simplifican algunos componentes mecánicos para su funcionamiento, por lo tanto al momento de adquirir un vehículo eléctrico se debe considerar la simplicidad en las partes mecánicas que mejora el costo por el mantenimiento permitiendo un ahorro anual de casi dos mil dólares, valor obtenido en el estudio económico de esta tesis, lo cual resulta beneficioso en comparación al vehículo tradicional mostrado en la tabla 5.10.

La introducción del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca puede ser parte de una estrategia para proponer modos de transporte más eficientes y energéticamente amigables, teniendo en cuenta que la oferta de los mismos al entorno sea atractiva tanto en las facilidades de adquisición como en los medios que permitan su impulso en la ciudad. Por medio del análisis de la curva de la demanda diaria de Cuenca, utilizando un alimentador tipo residencial como caso de estudio, se ha comprobado que entre el índice de penetración de VEs estaría en el orden del 30% y 50% de la flota vehicular actual, tomando como referencia la mayor demanda energética de la ciudad y considerando que las recargas de los VEs se ejecuten en horarios supervalle a partir de las 22 horas para evitar sobredimensionar a la red energética, con un consumo no mayor a los 5MWh como normas de diseño en el alimentador. Lo primordial de utilizar las baterías de los vehículos eléctricos como medio de almacenamiento es que puedan inyectar energía a la red (V2G:

vehículo to Grid) cuando fuese necesario, siempre que el grado de carga y el plan de utilización del vehículo lo hiciera posible.

Por último cabe mencionar que el tipo de análisis desarrollado en esta tesis es aun escaso en nuestro medio y más bien se lo ha realizado en otros lugares del mundo con alimentación de fuentes renovables como la eólica y solar para abastecer el consumo de la recarga de los VEs. Como se muestra en este estudio, la movilidad eléctrica también se puede implementar en nuestro país, considerando además el potencial de inyectar energía a la red desde los VEs, lo cual daría rentabilidad al usuario, en el aspecto macro, mitigaría en parte la contaminación ambiental mejorando además la economía del país por reducción en costo de producción o importación de combustibles para producir energía.

6.2 RECOMENDACIONES

Para incentivar la movilidad eléctrica como una fuente alternativa sin dependencia de combustibles tradicionales y tener una exitosa acogida de este nuevo parque automotor, el Estado ecuatoriano junto con las comercializadoras de energía deberán prestar las facilidades tanto en infraestructura como incentivos en cuanto a tarifas de consumo, así también como incentivos al comprar un VE.

También será necesario la creación de Smart Grids para viabilizar y optimizar la conexión desde el punto de consumo hacia la red y viceversa con la ayuda de medidores inteligentes los cuales faciliten las operaciones de las pequeñas fuentes generadoras como serían los vehículos eléctricos pudiendo realizar las recargas inteligentes a fin de no perjudicar a la red al momento de realizar el consumo de electricidad para la carga de los mismos y también en el momento de entrega a la red. Cuando se realice la carga del VE se deberá tomar en cuenta que no sobrepasen las características técnicas constructivas que tienen los alimentadores por encima del límite establecido tanto en cargabilidad como en sobredimensionamiento de los transformadores que forman parte de la red eléctrica la cual estarán conectados.

Por ultimo tener en cuenta la cantidad de VEs que serán introducidos paulatinamente en cada alimentador para no tener un colapso por mayor demanda tanto en consumo como en la entrega de energía. Al momento de adquirir un VE se debe conocer muy bien las características que presenta la batería del automotor ya que dependiendo de esta se podrá optimizar la operatividad del mismo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Asociación Ecuatoriana Automotriz (AEA), Quito, 2016.
- [2] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEDAE), Quito, 2014.
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), Quito, 2014.
- [4] INEC, Censo Nacional Económico, Quito, 2014.
- [5] Ministerio del Ambiente del Ecuador, M. (2014). *Factor de emisión de CO2 del SNI del Ecuador*. Ecuador: Publicado por MAE.
- [6] Empresa Pública Municipal de Movilidad, Turismo y Transporte (EMOV), Cuenca, 2014.
- [7] Sitio web <http://www.microsiervos.com> en una Publicación del 15/01/2008.
- [8] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Balance Energético, 2015.
- [9] INER, Instituto Nacional de Eficiencia y Energías Renovables, Quito, 2015.
- [10] Usón, A. A., Capilla, A. V., Bribián, I. Z., Scarpellini, S., & Sastresa, E. L. (2011). Energy efficiency in transport and mobility from an eco-efficiency viewpoint. *Energy*, 36(4), 1916-1923doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.05.002>.
- [11] Banco Central del Ecuador, Análisis Económico, Quito, 2015.
- [12] *Guía del vehículo eléctrico para Castilla y León - Aspectos básicos para el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico*, Junta de Castilla y León, 2011.
- [13] AVERE :.(2009). *European Association for battery, hybrid and fuel cell electric Vehicles* .Madrid-España: Publicaciones AVERE.
- [14] Nansai, K.; Thono, S., Kono, M.; Kasahava, M. *Effects of EV on environmental effects with consideration of regional differences of electric power generation and charging characteristic of EV users in Japan. Applied energy*, 2002, vol.71.

-
- [15] Historia de los Vehículos Eléctricos. Disponible en <http://inventors.about.com/od/estartinventions/a/History-Of-Electric-Vehicles.htm>.
- [16] La Jamais Contente. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente.
- [17] RODRIGUEZ, Jaime. Motores de tracción para vehículos eléctricos. UPM. Junio 2011. Madrid.
- [18] Sitio web, automovileselectricos.net.
- [19] Sitio Web, ELECTRICOS.HTML.
- [20] Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. Guía del vehículo eléctrico, Disponible en <http://www.cleanvehicle.eu/fileadmin/downloads/Spain/Guida%20del%20vehiculo%20Electrico.pdf>
- [21] INTERNATIONAL Energy Agency. Sustainable Transport: New Insights from the idea's worldwide study, 2011. pp. 3-5.
- [22] AVERE. FRANCE, *European Association for battery and electric Vehicles*, 2011.
- [23] Comercio, D. E. (2016, Enero 29). www.elcomercio.com.ec. Retrieved, from <http://www.elcomercio.com/actualidad/autos-electricos-buscan-mercado-ecuador.html>.
- [24] MEER, M. d. (2012). *Implementación de proyectos emblemáticos*, Quito, MEER.
- [25] Red Eléctrica Española, *El Vehículo Eléctrico, España*, 2011.
- [26] IDAE- Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, *MOVELE, Madrid*, 2011.

-
- [27]** Ingeniería Eléctrica de Transporte, España, 2013
- [28]** Gómez, T.; Rivier, M.; Sanchez, A. Regulatory framework and business models for Charging, plug-in electric vehicles: infrastructure, agents and commercial relationships. Energy Policy, 2011, vol. 39, p. 6360-6375.
- [29]** CNE – Comisión Nacional de Energía Española, 2012.
- [30]** SOLANS J. M. Vehículo Eléctrico ¿Tan sencillo como Plug & Play? Schneider Electric. Junio 2010.
- [31]** COBO, Sofía. Estudio preliminar de las ITV para vehículos híbridos y eléctricos. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Mayo 2011.
- [32]** General Electric. Soluciones para la carga de vehículos eléctricos disponible en http://www.gepowercontrols.com/es/resources/literature_library/catalogs/downloads/5384_DuraStation_Brochure_Spain_ed03-11.pdf.
- [33]** Circutor. Recarga inteligente de vehículos eléctricos, pg. 26. [En línea] <http://www.circutor.es> [Consulta: 12/2016].
- [34]** Hydro Quebec. Bornes de recharge pour véhicules électriques. Guide Technique d'Installation. Primera Edición, 2012. Disponible en <http://www.hydroquebec.com/electrificationtransport/pdf/guide-technique.pdf>
- [35]** GONZALEZ, J. (2011). *Estudio de la recarga de los vehículos Eléctricos en Sistemas Autónomos de energía en edificios*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- [36]** García, J.; López, F.; Zabala, J. El vehículo eléctrico. Tecnología, desarrollo y

perspectivas del futuro, 1997. [ISBN 8448112016].

[37] P. Dost, A. Bouabana, and C. Sourkounis, “On Analysis of Electric Vehicles DC-Quick-Chargers based on the CHAdeMO protocol regarding the connected systems and security behaviour.”

[38] *Chademo*. <http://www.chademo.com/> Consultada Diciembre 2016.

[39] *Better place*. <http://www.betterplace.com/the-solution-charging>. Consultada Diciembre 2016.

[40] OBSERVATORIO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA. Mapa tecnológico – Movilidad Eléctrica. Enero 2012.

[41] A. C. y J. Santamarta, “El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente,” p. 14, 2009.

[42] Asociación Europea para las baterías, los vehículos híbridos y los vehículos con pilas de combustible, España, 2016, Disponible en www.avere.org/www/index.php

[43] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Ecuador, 2015.

[44] Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas, España, 2011.

[45] DENHOLM, P. y SHORT, W. An Evaluation of Utility System Impacts and Benefits of Optimally Dispatched Plug-In Hybrid Electric Vehicles. National Renewable Energy Laboratory, 1-24. Oct. 2006.

[46] SOTO, F. y DÍAZ, B. Integración de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico español. En: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. Guía del Vehículo Eléctrico. Conserjería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid, España, 2009. pp. 139-163.

-
- [47] W. Kempton and S.E Letendre, "Electric Vehicles as a new power source for electric utilities, Alemania, 2002.
- [48] Letendre S, Denholm P, Electric and hybrid Vehicles, Alemania, 2006
- [49] M. Meyer and Corey, 2010. The rule of energy store in development of smart grids.
- [50] Sandia National Laboratories, Albuquerque, 2010, <http://www.re.sandia.gov>, 2001.
- [51] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, Ecuador, 2015.
- [52] Ministerio Coordinador de Producción, E. y. (2015). *Convenio Marco para la Promoción, Comercialización, y Perspectivas de Fabricación de Baterías y Vehículos Eléctricos en la República del Ecuador*. Quito: Publicaciones MCPEC.
- [53] MATEO Rosso, Angel. Desarrollo, Estado del Arte. En su: Evaluación del Impacto de los Vehículos Eléctricos en las Redes de Distribución. Tesis (Ingeniería Industrial). España, Universidad Pontifica Comillas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010. pp. 8,31-42.
- [54] Carpio Pesantez, J. C., Fajardo Buñay, G., Heredia Guerrero, C. A., & Pizarro Baculima, M. S. (2010, Diciembre). *Tesis Previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecánica Automotriz*. Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador.
- [55] DOWNING, N. y FERDOWSI, M. Identification of Traffic Patterns and Human Behaviors. [en línea] Mobile Energy Resources In grids of Electricity (MERGE Project), Task 1.5, 2010. <www.ev-merge.eu>
- [56] Empresa Eléctrica Quito S.A, "PLIEGO TARIFARIO DICIEMBRE 2014.pdf." pp. 1–
- VELEZ SANCHEZ. J

8, 2014.

- [57] R. Bass and R. Harley, "Residential harmonic loads and EV charging," ... *Meet. 2001. IEEE*, no. C, pp. 803–808, 2001.
- [58] J. P. Trovão, P. G. Pereirinha, L. Trovão, and H. M. Jorge, "Electric vehicles Chargers characterization: Load demand and harmonic distortion," *Proceeding Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, pp. 694–700, 2011.
- [59] E. Téllez Ramírez, "Distorsión Armónica," *Autom. Product. Y Calid. S.a. C.V*, no. 222, pp. 1–31, 2008.
- [60] C. K. Duffey and R. P. Stratford, "Update of harmonic standard IEEE-519-IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems," *Conf. Rec. IEEE Ind. Appl. Soc. Annu. Meet.* vol. 21, no. 2, p. 9994, 1989.
- [61] CONELEC, Dirección de Planificación, Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Ecuador, 2012.
- [62] CONELEC, (www.conelec.gob.ec), Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano. Ecuador, 2012.
- [63] CONELEC, Plan Maestro de Electrificación 2012-2021, Ecuador, Agosto 2009.
- [64] Comercio, D. E. (2015, Agosto 03). [www.elcomercio.com.ec](http://www.elcomercio.com/ec). Retrieved, from [http://www.elcomercio.com/actualidad/\(Los_vehículos_no_vendrán_con_impuestos-ecuador.html](http://www.elcomercio.com/actualidad/(Los_vehículos_no_vendrán_con_impuestos-ecuador.html).
- [65] IFE. (2007). *Informe Final Econometría*. Colombia: Publicado por IFE S.A.
- [66] LÓPEZ DUMRAUF, G. (2006), Cálculo Financiero Aplicado, un enfoque VELEZ SANCHEZ. J

profesional, 2da edición, Editorial La Ley, Buenos Aires.

[67] Ehrhardt, Michael C.; Brigham, Eugene F. (2007). *Finanzas Corporativas*. Cengage Learning Editores. p. 672.

[68] Mario Alberto Arrastía Avila, Unión Eléctrica (UNE), 12 de agosto de 2014.

[69] AkkuSer (2011), AkkuSer Ltd. – Battery Recycling – Dry Technology. [AkkuSer Ltd.: Reciclaje de baterías con tecnología seca].

[70] Semarnat (2009), *Estudio de análisis, evaluación y definición de estrategias de solución de la corriente de residuos generada por los vehículos usados al final de su vida útil*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, disponible en: <<http://web2.semarnat.gob.mx/temas/residuos/vehiculos/Documents/estudio-elv-2009.pdf>>.

[71] K. Fisher, E. Wallen, P. P. Laenen y M. Collins (2006), *Battery waste management life cycle assessment* [Evaluación del manejo del ciclo de vida de baterías de desecho], disponible en: <www.epbaeurope.net/090607_2006_Oct.pdf>.

[72] ARCONEL- Agencia de Regulación y Control de Electricidad, Resolución No.038/15, Quito - Ecuador, 2014.